TRIGO REGADO

Manejo del cultivo





Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

TRIGO REGADO

Manejo del cultivo

por

Howard M. Rawson
Fisiólogo de Cultivos
Canberra, Australia

y

Helena Gómez Macpherson
Especialista en Cereales
Servicio de Cultivos y Pastos
Dirección de Producción y Protección Vegetal
FAO

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN
Roma, 2001



Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

ISBN 92-5-304488-8

Prefacio

El trigo es una de las fuentes de alimentos más importantes del mundo en desarrollo. En la actualidad, los países en desarrollo producen 280 millones de toneladas de trigo, aproximadamente la mitad del producido en todo el mundo. Es de esperar que esta cifra llegue a 420 millones de toneladas en 2030 debido a un aumento del área cultivada con trigo regado y también a un incremento de los rendimientos. Cerca del 65 por ciento del volumen total del trigo producido por los países en desarrollo se obtiene en condiciones de riego y se espera que esta cifra aumente a 75 por ciento en 2030.

Gran parte del trigo regado se cultiva de forma intensiva por lo que es importante que los agricultores aprendan a elevar la productividad en forma sostenible. Para ello se requiere el uso adecuado y equilibrado de los insumos. El principal objetivo de esta publicación es contribuir al uso racional de los insumos identificando los aspectos del cultivo potencialmente problemáticos y proponiendo soluciones efectivas para superar los problemas.

Esta es una publicación de autoayuda. Está dirigida a los extensionistas y a los agricultores para ayudarles a observar los cultivos y a ver e identificar los problemas. Contribuye a identificar los errores cometidos y hace sugerencias generales sobre la forma de solucionar los problemas. Por medio de este enfoque, de la observación detallada y de la evaluación basada en los conocimientos, el agricultor minimiza los efectos de los errores y aprende a no repetirlos en la próxima siembra. Esta publicación intenta ayudar a los responsables de los cultivos a buscar soluciones propias adaptadas a sus circunstancias y sistemas de producción específicos.

Mahmud Duwayri
Director
Dirección de Producción y Protección Vegetal

Agradecimientos

Este trabajo sigue el enfoque usado por H. R. Lafitte en *Identificación de los Problemas de la Producción de Maíz en los Trópicos: una Guía de Campo* y también extrae elementos de otras publicaciones del CIMMYT.

Agradecemos especialmente a Maarten Stapper del CSIRO, Canberra, Australia, por las sugerencias en los primeros borradores, por sus comentarios en la estructura del trabajo y por haber proporcionado materiales inéditos.

Agrademos a todas aquellas personas e instituciones que han proporcionado fotografías y figuras y se les reconoce su autoría en el lugar correspondiente. Las fotografías de las páginas 61 y 63 han sido proporcionadas por el Departamento de Industrias Primarias, Queensland, Australia, y proceden del libro *Hungry Crops: A Guide to Nutrient Deficiencies in Field Crops.*

Agradecemos los comentarios constructivos sobre los últimos borradores recibidos de muchos especialistas de diversos lugares, especialmente de (en orden alfabético): L. García del Moral (España), R. Labrada (Italia), R. K. Malik (India), C.A. Meisner (Bangladesh), R. H. Miller (Guam), D. Rubiales (España), K. D. Sayre (México), S. K. Sinha (India), K. D. Subedi (Nepal) y A. Yahyaoui (Siria). A todos ellos les agradecemos sus ideas y sus contribuciones.

Agradecemos a Jean Pierre Marathée, ex-Oficial Superior del Grupo de Cereales, Servicio de Cultivos y Pastos, FAO, por su continuo apoyo a esta publicación.

Anne Rawson, es responsable del diseño y la edición inglesa; Cadmo Rosell por la edición en español y Lynette Chalk por la formatación de esta edición.

Finalmente, solicitamos a los lectores que nos hagan saber cómo puede ser mejorada esta publicación. Todos los comentarios serán apreciados y considerados cuando sea actualizada.

Esta publicación también está disponible en CD-ROM y en Internet.

H. M. Rawson y H. Gómez Macpherson

Contenido

Cómo usar esta publicación

Cinco principios para los responsables del cultivo: las secciones de este libro

Observación

Visite su cultivo con frecuencia. Disfrútelo. Observe su crecimiento y evalúe cualquier problema que se presente. Observe el tiempo. **La Sección 2** (pág 6) explica como se puede observar y describir rápidamente el crecimiento de un cultivo de trigo en fases simples y numeradas que son conocidas como fases de la Escala Zadoks (Z). En esta publicación las distintas fases centran la discusión sobre como debería ser un cultivo sano a lo largo de su desarrollo. Un diagrama muestra para cada fase que componentes del rendimiento se están desarrollando y siendo afectados por las prácticas de manejo.

Medición y anotaciones

Escriba siempre cualquier observación, medida o evaluación que haga. Las cosas que al inicio parecen insignificantes podrán ser importantes más adelante. No se confíe en su memoria. La **Sección 3** (pág. 12) describe como evaluar el cultivo para poder diagnosticar los problemas. Explica como hacer evaluaciones rápidas y, si fuera necesario, también incluye métodos más detallados para muestrear y medir objetivamente el cultivo. Los modelos de Hojas de Campo muestran cómo y qu anotar y también algunos valores esperados a medida que avanza la estación.

Evaluación

¿Qué significa medir? La **Sección 4** (pág. 24) es la primera guía para identificar las posibles causas de lo visto y registrado.

Acción

Corrija o minimice los problemas identificados. No debe demorarse, mañana puede ser demasiado tarde. La **Sección 5** (pág. 27) es el centro de esta publicación. Presenta una descripción detallada de síntomas asociados a muchos problemas que afectan al trigo, desde aquellos asociados al ambiente hasta los relacionados con las plagas y enfermedades. Use esta parte para confirmar o cambiar el primer diagnóstico antes de considerar propuestas para resolver el problema.

Reflexión

Si hubo un problema, ¿por qué ocurrió? ¿podrá ser evitado en la próxima campaña? Anote estas ideas. La reflexión nos lleva al inicio, a la **Sección 1**, a su forma de pensar acerca del óptimo desarrollo del cultivo. La **Sección 6** (pág. 90) también puede ser útil ya que contiene lecturas adicionales que ayudan a comprender el desarrollo de la planta de trigo. Se incluye un resumen de los sistemas de labranza (pág. 93) que pueden ser adecuados para considerar un distinto enfoque de este tema por parte del agricultor.

Pasos a seguir para identificar y solucionar los problemas

¿Ir directamente a la Sección 5?



Se puede ir directamente a la Sección 5 (pág. 27) donde hay una descripción detallada de los síntomas y de las posibles soluciones de los problemas. Alternativamente, se puede seguir los pasos que se indican a continuación

Determinar el estado de desarrollo

Decidir cual de las 10 fases Zadoks describe mejor el cultivo; puede ayudarse con la tabla en la página 6 y los dibujos que comienzan en la página 9 Sección 2.



Hacer una primera conjetura sobre el problema (Sección 3)

La lista de control en la Sección 3, página 13 explica como hacer una primera evaluación del cultivo.

Después de la primera evaluación, revisar la lista de control en las páginas 24-26; éstas ayudan a identificar los posibles problemas para cada fase de desarrollo e indican como buscar una confirmación detallada en la Sección 5.





¿Hay síntomas parecidos en otras partes del cultivo? Poner atención a la presencia de otros problemas.

Confirmar o rechazar las primeras conjeturas (Sección 5)

Las descripciones detalladas de los problemas en la Sección 5 página 27-89, ¿coinciden con los síntomas observados? De lo contrario, analizar otras opciones en las listas de control de la Sección 4 o repasar las descripciones detalladas.



¿Es el problema lo suficientemente importante como para intentar resolverlo?

Estudiar las soluciones sugeridas en la Sección 5 en relación al problema identificado.

Si la primera evaluación indica que el problema puede estar reduciendo el rendimiento del cultivo o lo puede afectar en un futuro próximo, confirmarlo entonces midiendo la entidad del daño. Los detalles para una medición objetiva se encuentran en la Sección 3 comenzando en la página 12.

Tomar las medidas necesarias.



Anotar lo que se ha observado y hecho

Se recomienda usar las Hojas de Campo en la página 20 para hacer las anotaciones. Puede ser necesario complementarlas con otras notas separadas.

Sección 1. Reflexiones sobre el sistema de producción

Los sistemas de producción son complejos porque no son estáticos. Todos los elementos cambian: el tiempo, la competencia por los recursos y el cultivo en sí mismo.

Para que estas reflexiones sean más fáciles y para ubicar los problemas observados dentro de un contexto global, se necesita considerar el sistema de producción como una serie de componentes encadenados de insumos y productos.



El manejo busca transformar la mayor parte posible de los recursos de la finca en granos de alta calidad. A lo largo de este proceso, desde antes de la siembra hasta la cosecha del grano, se encuentran competidores por esos recursos. El objetivo es minimizar los efectos de esa competencia y dar al cultivo la mejor oportunidad para expresar su potencial.

Cuando se analiza el sistema de cultivo y la forma en que este puede ser mejorado, se deben seguir los siguientes pasos y responder a las siguientes preguntas.

- **Hacer una lista de los principales insumos y productos.** Hacer consideraciones basándose en la economía del año corriente y del próximo y en el posible impacto que puedan tener las decisiones actuales sobre la sostenibilidad económica de la finca en los próximos 10 años. Hacer una lista de las rotaciones usadas en los últimos años.

- **Pensar como se podrían manejar los insumos ambientales.** Los recursos naturales como la radiación solar, la lluvia, los nutrientes y el aire en el suelo (aireación), ¿están siendo usados en forma óptima o son malgastados? Si sus efectos son negativos, como en el caso de las heladas o las altas temperaturas, considerar entonces cómo esos efectos pueden ser minimizados. Por ejemplo, ¿son la fecha

de siembra y la variedad cultivada las más adecuadas para esa región considerando las limitaciones ambientales?

- ¿Podría ser mayor la proporción de grano cosechado con relación al total de la biomasa? ¿Podrían algunos de los insumos que favorecen las enfermedades, las malezas y las plagas ser aprovechados por los granos? ¿Podrían la paja y otros restos del cultivo ser usados para aumentar la producción del próximo cultivo? ¿Podría el agua aplicada ser distribuida en forma más eficiente?
- ¿Es el manejo el apropiado para tener un sistema sostenible? O por el contrario, ¿están siendo los suelos y los recursos hídricos gradualmente degradados o sobreutilizados? El método de riego, ¿está incrementando la salinidad del suelo? ¿Está aumentando la incidencia de enfermedades? ¿Deberían rotarse los cultivos para combatir plagas y enfermedades? ¿Debería cambiarse el sistema de riego por inundación por un riego en camas permanentes que reduzcan la erosión, la sedimentación y el daño por inundación?
- ¿Es el rendimiento objetivo muy alto para la finca? ¿Podrían objetivos más modestos hacer un uso más eficiente de los recursos?

¿Cuál es el rendimiento objetivo?

Se puede tener una idea del potencial del rendimiento averiguando cual es el rendimiento más alto alcanzado por otros agricultores en la zona. Ese puede ser, en principio, el rendimiento a conseguir. Sin embargo, hay que tener en cuenta que controlar las plagas y enfermedades será más difícil y costoso a medida que el rendimiento a obtener aumente. En efecto, un cultivo de más alto rendimiento requiere una población más densa en la cual las plagas y las enfermedades se pueden difundir rápidamente una vez que se presente la infección. Se debe evaluar si los costos adicionales de trabajo y materiales serán recuperados con el mayor rendimiento de grano esperado. También se debe considerar si usando más insumos químicos se pone en riesgo la sostenibilidad a largo plazo de la finca. Si en la finca se siembran otros cultivos, estos también pueden influir sobre el rendimiento; por ejemplo, la fecha de cosecha de estos cultivos puede demorar la siembra del trigo en el mismo campo más allá del momento óptimo, con la consiguiente reducción de la producción.

La lista que se presenta a continuación resume los principales requerimientos para un rendimiento objetivo de 5 t/ha obtenible en muchas zonas regadas del mundo. Se asume que el cultivo se siembra en la fecha óptima y en hileras separadas 18 cm; si la distancia es otra, habrá que cambiar los valores estimados en la lista. Esta lista muestra qué características debería tener el cultivo a medida que progresa a través de las fases Zadoks (ver los dibujos que comienzan en la pág. 9 para los detalles de los números Z). Los valores listados se deben ajustar al rendimiento propuesto. Los números en la tabla fueron proporcionados por M. Stapper.

Características de un cultivo de 5 t/ha a lo largo de su desarrollo

Estas características se refieren a un cultivo que ha sido sembrado en hileras a 18 cm y siguiendo un manejo como el que se describe en las notas al pie de la tabla.

FASES	CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	
Siembra	densidad de siembra con semilla pequeña (< 40 mg)	85 kg/ha	
	densidad de siembra con semilla grande (>40 mg)	115 kg/ha	
	profundidad de siembra	3-4 cm	
Emergencia	plántulas emergidas por metro de hilera de cultivo	30-40/m	
Macollaje	macollos del tallo principal en Z1.3	1	
	tallo principal + macollos/m hilera en Z3 2	>120/m	
	macollos con nudos visibles/m hilera en Z3 2	>85/m	
	cobertura del suelo en el estado de vaina engrosada temprana (Z4 0)	>90%	
Floración	hojas verdes por tallo en la antesis	>2,5	
(o antesis)	número de espigas/m hilera en la antesis	80-100/m	(A)
Llenado de grano	número de granos por espiga	25-35	(B)
	número de granos/m hilera (=A x B) (depende de la variedad)	2300-3000	
Madurez	peso de los granos (mg) (depende de la variedad)	33-48 mg	(C)

$$\text{rendimiento de grano (t/ha)} = \frac{(A \times B \times C)}{(\text{espacio entre hileras en cm}) \times 1100}$$

Notas:

La fecha de siembra debería elegirse tal que la fecha de floración coincida con la fecha de floración óptima en la región.

El encamado debería evitarse antes de Z7 8 ya que de lo contrario el rendimiento se reduciría considerablemente.

El peso potencial de los granos se obtiene evitando el estrés hídrico antes del estado de pasta temprana Z8 0; después ya no es necesario regar.

La estimación del rendimiento asume una pérdida del 10 % (pérdida de área y cosecha) y que el grano tiene una humedad de 10 %.

Sección 2. Descripción de las fases de desarrollo del cultivo. ¿En qué fases se determina el rendimiento?

Las fases de desarrollo según la escala decimal Zadoks (Z)

El desarrollo es un proceso complejo en el que diferentes órganos crecen, se desarrollan y mueren, siguiendo una secuencia que a veces se superpone. Sin embargo, es más sencillo considerar el desarrollo como una serie de fases tal como en la escala Zadoks. Esta escala tiene 10 fases numeradas de 0 a 9 que describen el cultivo:

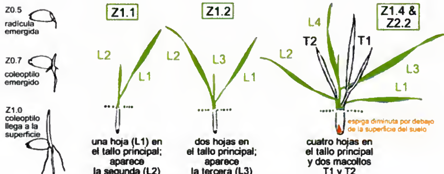
Tabla de las fases de desarrollo siguiendo la escala decimal Zadoks (Z0.0 a Z9.9)

Etapa principal	DESCRIPCIÓN	*Sub-fase*	Etapa principal	DESCRIPCIÓN	*Sub-fase*
0	Germinación	*0.0-0.9*	5	Espigado	*5.0-5.9*
1	Producción de hojas TP	*1.0-1.9*	6	Antesis	*6.0-6.9*
2	Producción de macollos	*2.0-2.9*	7	Estado lechoso del grano	*7.0-7.9*
3	Producción de nudos TP (encañado)	*3.0-3.9*	8	Estado pastoso del grano	*8.0-8.9*
4	Vaina engrosada	*4.0-4.9*	9	Madurez	*9.0-9.9*

TP = tallo principal

Según J.C. Zadoks, T.T. Chang y C.F. Konzac (1974)

En primer lugar es necesario decidir cuales son las principales fases que se ajustan mejor a la descripción del cultivo; esta descripción es, a menudo, todo lo que se precisa. Sin embargo, también se necesita observar el cultivo en detalle y dar un valor decimal de sub-fase que describe el grado de evolución de la fase principal. Por ejemplo, los estados Z1.1 a Z1.9 ocurren cuando las hojas del tallo principal (TP) de 1 a 9 son



visibles. Del mismo modo, Z2.1 a Z2.9 describen la aparición de 1 a 9 macollos en la planta y Z3.1 a Z3.6 la presencia de 1 a 6 nudos (pág. 9) en el tallo principal.

Las fases principales 1 y 2 describen la producción de hojas y tallos quc ocurren en paralelo y no en secuencia. Del mismo modo, hay cierta supcrposición entre las fases principales 2 y 3. Las figuras ilustran la germinación y trcs fases durante el proceso vegetativo con sus códigos decimales Zadoks (en esta publicación se identifican con Z). Obsérvese que el dibujo en la página 6. Tiene dos códigos Z describiendo las cuatro hojas principales del tallo (Z1.4) y dos macollos (Z2.2).



HM Rawson

Vaina engrosada, espigado y antesis

Estas fases se identifican fácilmentc (ver fotografías). Como cn fascs más tempranas, el número que sigue al punto decimal denota el grado de desarrollo de ese proceso particular. De esta manera, Zadoks 5.1 ocurre cuando el promedio de las espigas en el campo tiene 0,1 o un 10 por ciento emergida (espiga asomando), mientras que Z5.9 es cuando 0,9 o un 90 por ciento de las espigas promedio están por encima de la lígula de la hoja bandera. La antesis o floración marca el comienzo de la formación y llenado dcl grano. Cuando las antcras están rccién abicrtas son de color amarillo brillante pero sc decoloran en tres o cuatro días (mitad de la antesis o Z6.5). En el diagrama de la página 9 se muestran muchos de los estados principales asociados con otros procesos del desarrollo (sombreados en verde) y con los componentes del rendimiento.

Los estados fisiológicos que gobiernan el desarrollo

Las fases de la escala Zadoks describen lo que puede ser observado a simple vista, pero es el ápice, espiga o punto de crecimiento de la planta, no visible dentro de las vainas, el primer indicador de la evolución de la planta a través de sus fases principales. Dos estados importantes del ápice son la doble arruga y la espiguilla terminal. El estado de doble arruga (pág. 97) significa que el principal punto de crecimiento de la planta no producirá más primordios foliares sino primordios de espiguillas. En ese

momento, el punto de crecimiento está aún encerrado dentro de la corona de la planta, debajo de la superficie del suelo. La espiguilla terminal (pág. 90) ocurre cuando la minúscula espiga ha producido todas sus espiguillas. En ese momento la espiga, que tiene solo 2 mm de largo, dominará otros puntos de crecimiento menos adelantados en los macollos. Para ver esta minúscula espiga hay que abrir el tallo con las uñas 1 cm por encima de la corona y quitar las hojas pequeñas. Aunque es diminuta, ya se asemeja a una espiga emergida. La figura siguiente muestra el momento en que ocurren la doble arruga y la espiguilla terminal en relación con las fases de la escala Zadoks.

Doble arruga

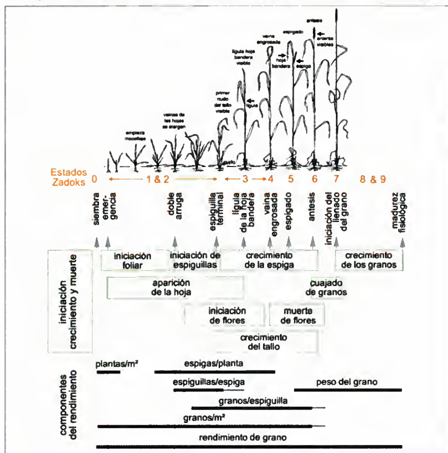


HM Rawson

Fases en las que se determinan los componentes del rendimiento

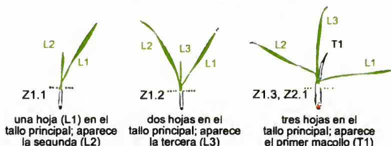
La figura siguiente relaciona las fases externas de la escala Zadoks (en rojo) y los dos estados internos observables en el ápice, doble arruga y espiguilla terminal (ver el texto vertical). Muestra el momento en que se inician, crecen y mueren los componentes del tallo (recuadros verdes) y cuándo se forman los componentes del rendimiento (barras). Esta figura ayudará a identificar qué componentes están siendo afectados por las prácticas del agricultor en un determinado momento.

Componentes del rendimiento y fases de desarrollo



HM Rawson

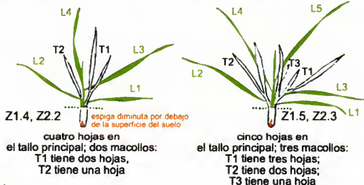
Dibujos para ayudar a identificar las fases de la escala Zadoks (Z)



una hoja (L1) en el tallo principal; aparece la segunda (L2)

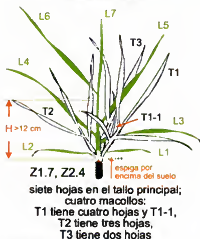
dos hojas en el tallo principal; aparece la tercera (L3)

tres hojas en el tallo principal; aparece el primer macollo (T1)

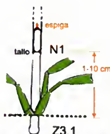


cuatro hojas en el tallo principal; dos macollos: T1 tiene dos hojas, T2 tiene una hoja

cinco hojas en el tallo principal; tres macollos: T1 tiene tres hojas; T2 tiene dos hojas; T3 tiene una hoja

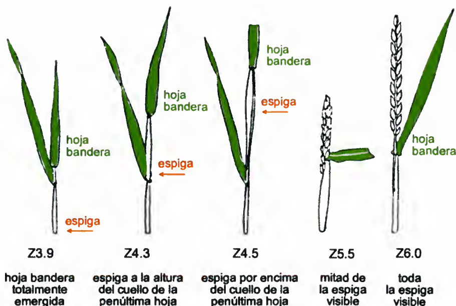


siete hojas en el tallo principal; cuatro macollos: T1 tiene cuatro hojas y T1-1, T2 tiene tres hojas, T3 tiene dos hojas

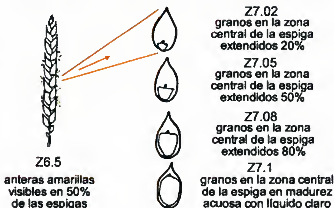


primer nudo (N1) perceptible (el diagrama no incluye los macollos y muchas de las hojas)

este estadio es Z3.0 si...
la altura (H) es 12 cm o más y el tallo se ha elongado levantando la espiga por encima de la superficie del suelo



basado en
la adaptación por
M. Stapper de
Ann. appl. Biol.
93: 221-234



Sección 3. Evaluación y medición del cultivo

¿Por qué son importantes las mediciones?

A menudo no se necesita hacer ninguna medición de número, longitud, peso y distribución ya que la importancia de los problemas se puede apreciar a simple vista. Sin embargo, otras veces las mediciones son necesarias.

- La medición obliga al operador a mirar detalladamente el cultivo y el campo y ayuda a ver cosas que de otra manera no se apreciarían.
- Evaluar un cultivo con muchos miles de componentes es sumamente difícil y más difícil aún es hacerlo objetivamente. La medición obliga a ser objetivo. Sin una medición bien estructurada, existe la tendencia a observar las partes más grandes o más coloreadas y darles mayor significación que a las cosas pequeñas.
- La medición conduce a una descripción numérica del cultivo. No sólo ayuda a identificar un problema sino también a decidir si el problema es lo suficientemente importante como para prestarle atención o si es pequeño como para ignorarlo. ¿Es el problema mayor o menor que el año anterior? ¿tiene el vecino un cultivo en mejor estado? No se mide el rendimiento a simple vista: es necesario pesarlo.

Usando los sentidos para evaluar los problemas del cultivo

Examinar el cultivo y el suelo con todos los sentidos y tratar de percibir los elementos que ayuden a identificar los problemas.

- **"Sentir"** las plantas. Las hojas que crecen rápidamente se "sienten" frescas y suaves. Las hojas que están bajo estrés se "sienten" demasiado calientes, pueden estar marchitas (pág. 16) y posiblemente ásperas al tacto (pág. 72). Se debe "sentir" el suelo. El suelo arenoso es grueso; la arcilla es suave (pág. 17).
- **Olor.** Oler el suelo; cuando está inundado huele agrio. Oler el cultivo; el cultivo con carbón huele a pescado descompuesto.
- **Gusto.** Probar el agua de riego y un extracto de agua del suelo. El agua y los suelos salinos tienen realmente gusto a sal (pág. 36).
- **Aspecto.** Sobre todo usar la vista. La siguiente lista de control se basa en detalles observables a primera vista.

El primer nivel de evaluación; una lista de control



1. *Mirar el cultivo como un todo. ¿Es uniforme?*

Color y distribución del color

¿Tiene el cultivo un buen color? ¿Hay zonas de otro color?

Tamaño y forma

¿Es el cultivo tan alto y denso como sería de desear?
¿Hay zonas en las que el cultivo es demasiado bajo o alto?
¿O zonas con el cultivo muy denso y con tallos delgados?

2. *Mirar el cultivo como plantas individuales. Comparar plantas buenas con plantas en mal estado.*

Si se han identificado zonas del cultivo que son diferentes, arrancar una planta en una de estas zonas y compararla con otra fuera de la misma, tomando una planta en cada mano. Oler las raices: ¿tienen olores distintos, agrios? Tocar las hojas: ¿están blandas o túrgidas, están marchitas?

Color y distribución del color

Las plantas buenas y las que están en mal estado, ¿tienen diferentes colores?
Las diferencias de color, ¿están en toda la planta?, o
Las diferencias de color, ¿están sólo en algunas partes?
¿Las hojas *viejas* son diferentes?
¿Las hojas *jóvenes* son diferentes?
¿Los *tallos* o las *raíces* son diferentes?

Tamaño y forma

¿Las plantas son de diferente tamaño?
¿Por qué algunas tienen *más* tallos que otras?
¿Por qué las hojas son más *largas*?
¿Por qué la planta es *más alta*?

Siempre es preferible dividir el problema en sus elementos más pequeños.

3. *Evaluar de nuevo lo que se ha visto*

¿Son variables las diferencias observadas al comparar las plantas? Tomar más muestras y confirmar la evaluación anterior, ¿son los síntomas más o menos graves? Volver a mirar el cultivo como un todo, ¿están los síntomas más difundidos que en las zonas en que se encontraron por primera vez pero no son tan obvios?

4. Usar la información para identificar el problema

La información disponible en este momento es suficiente para hacer una conjetura sobre las causas del problema usando las descripciones en la Sección 5 que empiezan en la página 27. Los siguientes métodos sirven para evaluar los problemas cuantitativamente.

¿Dónde, cómo y qué muestrear en el campo? Una evaluación numérica

La mayor parte de este capítulo ha sido adaptado de la guía australiana, *SIRAGCROP, Field observations and crop standards for wheat* de Maarten Stapper y David Murray.

Hojas de campo para anotar las observaciones

Llevar una copia de las Hojas de Campo (pág. 19) en cada visita al cultivo; ayudará a determinar las etapas de crecimiento y a anotar las observaciones y los recuentos. Usar la misma Hoja cada vez que se visita el campo. Tomar notas de condiciones inusuales del cultivo. La anotación cuidadosa de los detalles del manejo del cultivo a medida que avanza la estación ayudará a identificar los principales factores limitantes del rendimiento.

Dónde tomar muestras

Las observaciones deberán ser representativas de todo el cultivo. Seleccionar cinco zonas representativas en el mismo y marcarlas. Es necesario evitar cabeceras, bordes y zonas cerca de árboles. Visitar las mismas zonas cada vez que se hagan visitas al campo.

Hay que evaluar todo el cultivo una vez que emerja la hoja bandera



HM Rawson

Recuento de las plántulas

Usar un metro de madera con una marca a los 50 cm para determinar y evaluar la densidad de plantas. Poner el metro paralelo y entre dos hileras en una de las zonas preseleccionadas y contar las plántulas en ambos lados del metro. Hacer dos recuentos en cada una de las cinco zonas diferentes y anotar las 20 cifras en las hojas de campo; hacer el promedio. El recuento de plántulas se hace más rápidamente cuando éstas tienen sólo una o dos hojas (Z1.2 o Z1.3); la presencia de macollos hace el recuento más difícil. Si el cultivo ha sido sembrado al voleo hacer un cuadrado de 50 cm de lado y contar todas las plántulas en el interior del mismo.

Recuento de las espigas

Estimación de la cobertura del suelo mirando a través de un círculo formado por los dedos pulgar e índice. La cobertura en la fotografía es de cerca 60%



HM Rawson

El número de espigas debe ser evaluado cuando la hoja bandera ha emergido en los tallos principales (Z3.9), si bien las espigas aún no son visibles en esta etapa. Esta es la última oportunidad para añadir nitrógeno a fin de aumentar los rendimientos. Hacer dos recuentos en cada una de las áreas seleccionadas tal como se hizo para el recuento de plántulas. No incluir los rebrotes tardíos. Contar todos los tallos que tienen nudos en esta etapa (el término *tallo* siempre significa tallo principal y macollos) lo cual dará una buena aproximación del número final de espigas. Sólo el estrés hídrico puede reducir en el futuro el número de espigas.

Cobertura del suelo

Estimar la cobertura del suelo mirando el cultivo situado a dos metros al frente del observador a través de un círculo formado por los dedos pulgar e índice de la mano y colocados a cerca de 10 cm de los ojos. Evaluar el área de suelo cubierta por las hojas y las sombras. En un primer momento decidir si la cobertura es mayor o menor del 50 por ciento y después hacer aproximaciones del 10 por ciento. Repetir en distintas áreas mirando en diferentes direcciones y no hacer estas estimaciones cuando el sol esté bajo ya que provoca sombras largas; el momento más adecuado es alrededor de mediodía. Estos valores son importantes para apreciar cuando y si se llega a la cobertura total. En los trigos regados, la cobertura del suelo y el rendimiento están por lo general estrechamente relacionados (detalles en pág. 49).

Hojas verdes

Después de Z3.9 determinar en cada visita al campo el número promedio de hojas verdes por cada tallo con espiga. Determinarlas en cuatro tallos de cada área de muestreo. Contar las hojas desde la hoja bandera hacia abajo e incluir las fracciones de hojas verdes si parte de las mismas están amarillentas.

Enfermedades de las hojas

Observar cuidadosamente las enfermedades presentes en las áreas de muestreo y a medida que se camina entre ellas. Identificar primero las enfermedades. Para estimar el

porcentaje del cultivo que está afectado, caminar diagonalmente a través del mismo y recolectar 50 tallos. Si el cultivo tiene 50 metros de ancho recoger una muestra en cada paso largo. Del material recolectado, contar el total de hojas verdes y cuantas de estas están enfermas. Calcular el porcentaje de hojas verdes infectadas con cada una de las enfermedades en la muestra de 50 tallos:

$$\% \text{ infección} = \frac{\text{número de hojas infectadas x 100}}{\text{número total de hojas verdes}}$$

La necesidad de aplicar fungicidas dependerá de la susceptibilidad de la variedad a la enfermedad y de la fase de desarrollo en que se encuentra. Consultar la sección de enfermedades en esta publicación (pág. 81) y las recomendaciones para su control disponibles en la región.

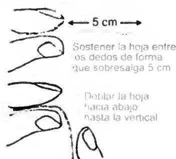
Estimación del encamado

Este elemento tiene dos componentes:

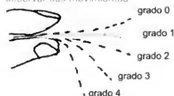
1. el porcentaje del cultivo que está encamado
2. el grado de encamado, desde ligero a moderado a severo.

El encamado se considera ligero cuando las plantas están apenas inclinadas, moderado cuando la altura de la planta está reducida a la mitad, severo cuando el cultivo está aplastado contra el suelo. Leer la información sobre encamado en la página 54.

Usar esta evaluación de la marchitez para saber cuando regar.



Permitir que la hoja vuelva a su posición normal y observar sus movimientos



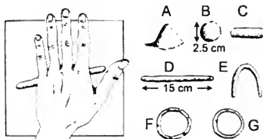
Según RA Fischer

Niveles de marchitez

El presente método fue desarrollado por R. A. Fischer. La evaluación de la marchitez se debe hacer entre las 11 de la mañana y las 3 de la tarde. Tomar la hoja verde más baja de un tallo y quitar todo el material muerto en su extremo. Seguir los tres pasos indicados en la ilustración. Cuando la hoja está túrgida queda por encima de la posición horizontal y se registra como 0. El valor 4 es el de una hoja que permanece caída, que es el peor de los casos ilustrados. Si una hoja estuviera fuertemente enrollada a menos de la mitad del ancho normal de la lámina, se registra como 5, lo cual indica una planta altamente estresada. Esta hoja será probablemente la más alta en la planta ya que las otras hojas habrán muerto a causa de

la sequía. Antes de cada riego, controlar siempre la marchitez. Una apreciación de 0 significa que ese día el riego es innecesario. El valor 1 en el día del riego indica que este es oportuno. Un valor de 2 o más indica que el suelo se está secando en exceso y que el crecimiento y el rendimiento están siendo afectados y que, por lo tanto, es necesario reducir el tiempo entre los riegos (ver pág. 70).

Evaluación de la textura del suelo por el tacto



Método y dibujo según Ilaco (1985)

¿Cuál es el tipo de suelo?

Poner una cucharada de suelo en la palma de la mano y echarle unas gotas de agua. Escurrir y amasar el suelo hasta que se adhiera a la mano. La medida en que se pueda moldear, como en la figura, dará una idea aproximada de su clase de textura.

(A) *Arena.* El suelo permanece suelto y en granos simples y puede ser amontonado pero no moldeado.

(B) *Franco arenoso.* Puede ser moldeado en forma esférica y se desgrana fácilmente; con más sedimentos.

(C) puede ser enrollado en cilindros cortos y es llamado limo.

(D) *Franco.* Partes iguales de arena, sedimentos y arcilla que pueden ser amasadas en una trenza gruesa de 15 cm de largo que se rompe al doblarse.

(E) *Franco arcilloso.* El suelo puede ser amasado como en D pero puede ser cuidadosamente doblado en U sin romperse.

(F) *Arcilla liviana.* El suelo es suave y al doblarse en un círculo se agrieta un poco.

(G) *Arcilla.* Se maneja como plastilina y puede ser doblado en un círculo sin agrietarse.

Cómo estimar cuanta humedad del suelo está disponible para el cultivo

Una vez que se conoce la clase de textura del suelo se puede aplicar la tabla siguiente para estimar cuanta humedad del suelo está disponible para el cultivo.

Las raíces del trigo pueden eventualmente crecer hasta 1,2 m de profundidad, pero si llegan a menos de 1 m la cantidad de humedad disponible se reduce en forma proporcional (por ejemplo, reducir a la mitad los valores en rojo en la tabla si las raíces han profundizado solo 0,5 m).

Tabla usada para estimar al tacto la cantidad de agua en el suelo
La cantidad de agua potencialmente disponible por metro de profundidad de suelo se indica en rojo

	Arena, franco arenoso	Franco arenoso, franco limoso	Franco, franco arcilloso	Arcilla liviana, arcilla
Por encima de la capacidad de campo	Sale agua cuando se golpea el suelo contra la mano	Se libera agua es cuando el suelo es amasado	Es posible escurrir agua del suelo	El suelo intacto tiene un brillo acuoso
A capacidad de campo	No aparece agua libre en el suelo cuando es escurrido pero en la mano queda una pequeña mancha de la esfera de suelo			
agua disponible	60-100 mm	100-150 mm	150-200 mm	200-250 mm
75-100% de capacidad de campo	Se une ligeramente, puede formar una bola	Forma una bola que se rompe fácilmente	Forma una bola muy flexible	Forma una cinta plana entre los dedos
agua disponible	±70 mm	±110 mm	±155 mm	±200 mm
50-75% de capacidad de campo (estrés probable)	Parece seca, no forma una bola cuando escurrida	Forma una bola que no se mantiene	Forma una bola algo plástica	Forma una bola y una cinta entre los dedos
agua disponible	±50 mm	±80 mm	±110 mm	±140 mm

Fuente: *FAO*, 1984

Determinación de la profundidad de las raíces y de barreras a su penetración

Este método está basado en Lafitte (1994). El sistema radical de una planta madura de trigo puede alcanzar una profundidad de 1 m o 1,2 m pero, si las raíces encuentran una barrera antes, detendrán su crecimiento y serán incapaces de extraer agua y nutrientes con la consiguiente reducción del rendimiento potencial. Si hubiera indicios de la existencia de un problema de este tipo, se deben identificar estas barreras en dos o tres lugares del campo, si bien una sola exploración puede ser suficiente cuando el cultivo es uniforme y está en un área nivelada.

Seleccionar un área en la que las plantas sean uniformes y excavar con una pala, preferiblemente cuando el suelo está cerca de la capacidad de campo (pág. 18) ya que de lo contrario la excavación puede ser dificultosa. Excavar hasta que se siente romper una barrera; esta puede ser un piso de arado (suela de labor), una capa impermeable o una capa salina. Si existieran dudas de que realmente se ha encontrado una barrera, examinar las raíces para ver si penetran en la misma. De lo contrario, anotar esta profundidad. Excavar cerca de 40 cm ya que, por lo general, el piso de arado se forma a esta profundidad; usar un toma-muestras de suelo desde aquí hasta 1 m de profundidad. Determinar en las muestras de suelo de varios lugares si hay raíces presentes a distintas profundidades.

Hojas de Campo. Una guía para anotar las observaciones

Las Hojas de Campo se encuentran al final de esta publicación. Constan de dos juegos de páginas; el primero incluye ejemplos de datos de un cultivo real y dibujos de las fases de desarrollo en la escala Zadoks mientras que el segundo está en blanco para ser usado en el cultivo. Hacer copias de las mismas a medida que se necesitan y reemplazar los originales. También se incluyen copias en medida A5.

Llevar una copia de las Hojas de Campo cuando se hacen visitas al cultivo para determinar las fases de desarrollo del mismo y poder anotar las observaciones y mediciones en una forma organizada. Usar la misma Hoja de Campo cada vez que se visite ese cultivo. En cada visita anotar condiciones anormales del cultivo tales como daño de herbicidas, puntas de las hojas o espigas dañadas por la helada o cualquier enrollado de las hojas. Un registro cuidadoso del manejo del cultivo a lo largo de su desarrollo (siembra, fertilización, control de malezas y enfermedades, riegos, cosecha) ayudará a identificar los factores más importantes que estén limitando el rendimiento.

En cada visita escribir la fecha en la columna opuesta a la fase de desarrollo identificada de la planta. Las notas en la segunda columna y los dibujos en las hojas de ejemplo ayudarán a decidir sobre la fase de desarrollo de la planta. La tercera columna es para la estimación de la cobertura del suelo (pág. 15) conforme aumenta desde la emergencia hasta la floración (pág. 49) y a partir de aquí las reducciones del número de hojas verdes (pág. 15 y 52). Las páginas 48 y 52 indican las cifras posibles. La cuarta columna es para un resumen de las decisiones de manejo a medida que avanza el desarrollo del cultivo y para las fechas de las acciones tomadas. Las líneas que cruzan la tabla son para los cálculos del estado del cultivo. Para las comparaciones se ofrecen ejemplos de cultivos de alto rendimiento. Si los números calculados discrepan substancialmente con los objetivos establecidos, los elementos que deberían ser controlados se enumeran en esas filas.

Nombre del agricultor: **Campo:** **Variedad:** **Hoja de campo 1**

Fecha	FASES DE CRECIMIENTO			DECISIONES Y ACCIONES DE MANEJO	
	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN		MANEJO ANTES DE LA EMERGENCIA DEL CULTIVO	
Estado desarrollo observado				fertilización pre-siembra tipo:.............................. fecha / dosis /.....................	herbicidas pre-emergencia: tipo:............................... fecha / dosis /......................
				cultivo an: surcos / camas / llano	espacio entre hileras: ... ...
	0.0	**Siembra**		tamaño semilla: pequeño/ mediano/ grande	tratamiento semilla: ... ...
				profundidad siembra (cm):/ 0 / 2 / 4 / 6 / 8 /	
	0.3	germinación, semilla hinchada		densidad siembra: (kg / ha)	lecho siembra: / muy seco/ seco / húmedo / muy húmedo / pobre / bueno / excelente
	0.5	radícula emerge de semilla		tipo:	
	0.7	amerge coleoptilo		fecha / dosis ...	regado: / sí / no /
	1.0	**Emergencia**			costra después da siembra: ninguna / modarada / fuerte

recuen. recuento de plantulas

(A) promedio establecimiento plántulas: objetivo: 30 - 40 plantas/m hilera a 18 cm distancia

¿POBLACIÓN POBRE? CONTROLAR: costra / estrés hídrico / baja densidad siembra / siembra profunda / mala semilla / pobre lecho siembra / malezas / inundación / mala incorporación residuos / nutrientes / toxicidad herbicide / pájaros / insectos / enfermedades

		Hojas en el tallo principal	Cobert. suelo	MANEJO DESPUES DE LA EMERGENCIA DEL CULTIVO	
	1.1	1ª hoja mas de la mitad visible		fertilizante / tipo: ...	
	1.2	2ª hoja más de la mitad visible		fecha / dosis: ...	
	1.3	3ª hoja más de la mitad visible			
	1.4	4ª hoja más de la mitad visible		fertilizante / tipo: ...	
	1.5	5ª hoja más de la mitad visible		fecha / dosis: ...	
	1.6	6ª hoja más de la mitad visible			
	1.7	7ª hoja más de la mitad visible		fertilizante / tipo:..................	
	1.8	8 hojas o más visibles y tallo no se esta elongando		fecha / dosis /.....	

objetivo: 120 tallos / m hilera.
el objetivo de tallos / planta es, por lo tanto, [120 / (A)] -1 =
ejemplo para 30 plantas / m hilera, al objetivo es cuatro o más tallos por planta en hileras separadas 18 cm

		Macollaje			
	2.1	tallo principal y 1 macollo		herbicida / tipo:.................	malezas:......................................
	2.2	tallo principal y 2 macollos		fecha / dosis /..............	resultado: / pobre / bueno / excelente
	2.3	tallo principal y 3 macollos			
	2.4	tallo principal y 4 macollos		herbicide / tipo:.................	malezas..............................
	2.5	tallo principal y 5 macollos		fecha / dosis /...............	resultado: / pobre / bueno/ excelente
	2.6	tallo principal y 6 macollos			
	2.7	tallo principal y 7 macollos			
		Elongación del tallo			
	3.1	primer nudo perceptible		fungicide / tipo:	enfermedad: ... ...
	3.2	segundo nudo perceptible		fecha / dosis:	% infección: ... ...
	3.3	tercer nudo perceptible	100%		
	3.4	cuarto nudo perceptible		fungicida / tipo:	enfermedad: ... ...
	3.5	quinto nudo perceptible		fecha / dosis:	% infección: ... ...

cobertura del suelo en esta etapa debería ser de más del 90% (= realmente completa)

el número de tallos con nudos es una primera aprox. al número final de espigas. El objetivo es de al menos 85 tallos/m/hilera

SI LA COBERTURA DEL SUELO ES POBRE O SI EL NUMERO DE TALLOS ES BAJO, CONTROLAR: siembra demasiado profunda / helada / estrés hídrico / nutrientes/ enfermedades / insectos / inundación / malezas

¿CULTIVO ENFERMO? CONTROLAR: nutrientes / enfermedad / estrés hídrico / insectos / helada / ancamado/ inundación / salinidad

Nombre del agricultor : **Campo:** **Variedad:** **Hoja de campo 2**

fecha	CÓDIGO	FASES DE CRECIMIENTO DESCRIPCIÓN	Cobert. Suelo	ACCIONES / DECISIONES DE MANEJO
				Riegos
		Vaina engrosada		1. fechas ...... a ......
	3.7	hoje bandera		volumen.......................
	3.9	lígula hoja bandera apenas visible		índice marchitamiento...
	4.1	inicio vaina engrosada, vaina de hoja bandera extendiendo		
	4.3	media vaina engrosada opuesta e aurícula penúltima hoja		2. fechas ...... a ....
	4.5	final vaina engrosada opuesta e aurícula penúltima hoja		volumen.......................
	4.7	vaina hoja bandera abriéndose		índice marchitamiento...
	4.9	primeras aristas visibles		
		Espigado		3. fechas......... a........
	5.0	primera espiguilla de espiga apenas visible		volumen.......................
	5.2	20% espiga visible, inicio espigado		índice marchitamiento....
	5.5	50% espiga visible, mitad espigado		
	5.8	80% espiga visible, fin espigado		
	6.0	espigado total pero sin floración		

recuento individual de espigas:

(B) numero medio de espigas... ... . Objetivo: 80 - 100 espigas / m hilera a 18 cm separación

SI EL NÚMERO DE ESPIGAS ES BAJO CONTROLAR: heladas / insectos / estrés hídrico / nutrientes / enfermedades

fecha	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Nº hojas verdes	Encamado
		Floración		
	6.2	20% espigas en floración, floración temprana		1. fecha...
	6.5	50% espigas en floración, floración media		% cultivos afectados ...
	6.8	80% espigas en floración, floración tardía		ligero / moderado / grave
		Desarrollo del grano		
	7.02	granos en centro espiga desarrollados 20%		2. fecha......
	7.05	granos desarollados 50%		% cultivo afectado...
	7.1	granos maduros, líquido claro		ligero / moderado / grave
		Estado lechoso		
	7.3	lechoso temprano, líquido blanco		3. fecha...............
	7.5	lechoso medio, mayoría líquido lechoso		% cultivo afectado...
	7.7	lechoso tardío, aumento de sólidos		ligero / moderado / grave
	7.9	lechoso muy tardío, líquido / sólido		

recuento individual de granos: dependiendo de la variedad:

(C) promedio granos / espiga: .... **(B)** x **(C)** = ... objetivo: 2300 - 3000

SI ESPIGAS DAÑADAS O BAJO NUMERO GRANOS, CONTROLAR heladas / insectos / estrés hídrico / nutrientes / enfermedades

fecha	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN		Distribución de las espigas en el cultivo
		Estado pastoso		
	8.1	estado pastoso muy temprano, si se aplasta grano salen sobre todo sólidos		¿densidad y altura uniforme sí / no
	8.3	pastoso temprano, granos blandos casi secos		¿irregular, no faltan hileras? no / sí
	8.5	pastoso blando, no se raya con la uña		¿irregular, faltan hileras? no / sí
	8.7	pastoso duro, se raye con la uña		
		Maduración		**Fecha cosecha:** ....
	9.0	granos duros, difíciles de cortar con la uña		
	9.2	madurez de cosecha, grano no puede ser rayado por la uña		
	9.3	granos se sueltan durante el día		

(D) peso final medio de los granos (mg)......

SI HAY GRANOS CHICOS ARRUGADOS, CONTROLAR agua / nutrientes / enfermedades / heladas / insectos / altas temperaturas / viento

Rendimiento estimado de grano (10% humedad) = (B) x (C) x (D) / (espacio entre hileras en cm) x 1100 = ... t/ha

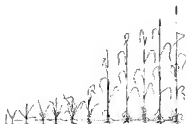
Rendimiento de grano cosechado = ... t/ha

Hojas de Campo adaptadas de Maarten Stapper y David Murray (SIRAGCROP)

Sección 4. Identificación de los problemas usando listas de control

Hacer una primera evaluación del cultivo usando la lista de control incluida en la página 13. Con un poco de experiencia esto se hará casi automáticamente. Esta primera evaluación debe aportar suficiente información acerca del cultivo para pasar fácilmente a las siguientes cuatro listas de control de acuerdo con las fases del cultivo. Estas cuatro listas de control sirven para orientar a través de descripciones detalladas de los problemas y sus soluciones.

Lista de control desde la siembra hasta el estado de dos hojas (Z0.0 a Z1.2)



¿Es pobre la densidad del cultivo inicial?

¿Dónde esta el problema?	¿Qué se observa?	¿Cuál puede ser la causa del problema?	Ver página
En todo el cultivo	las hojas emergidas están débiles y tienen coloración pobre	la semilla era vieja	45
		la siembra fue muy profunda	45
		las plántulas están enfermas	81
		daño de herbicidas	66
		alta temperatura del suelo	29, 48
		falta de agua en la siembra	38
En rodales	plántulas no emergidas están dobladas	suelo con costra	40
	emergencia desigual	estrés hídrico	45
		profundidad de siembra desigual	44
	hojas emergidas débiles	mala preparación del suelo	41
		incorporación desigual de residuos	68
		inundación	74
		insectos	77
		enfermedades	81
	hojas emergidas normales pero hay pocas plantas	baja densidad de siembra	47
		semillas muertas	45
		dominan las malezas	65
		plántulas tomadas por los pájaros	45
		semillas tomadas por insectos	77

Revisar las páginas 38-46 para información general acerca de esta fase

Lista de control desde el estado de tres hojas hasta la emergencia de la espiga (Z1.3 a Z5.0)



La cobertura del suelo, ¿es baja? ¿Hay pocos tallos? ¿Hay pocas espigas?

¿Dónde está el problema?	¿Qué es necesario observar?	¿Cuál puede ser la causa del problema?	Ver página
En todo el cultivo	cubierta del cultivo rala	siembra muy profunda	45
		baja densidad de siembra	47
		agua escasa	73
		nutrición pobre	56
		baja radiación y alta temperatura	31
		heladas	27
		enfermedades	81
		insectos	77
En rodales	cubierta del cultivo rala	dominan las malezas	65
		daño por inundaciones	74

¿El cultivo no parece estar sano?

¿Dónde está el problema?	¿Qué es necesario observar?	¿Cuál puede ser la causa del problema?	Ver página
En todo el cultivo	bandas cruzadas más claras en hojas en crecimiento	heladas	27
	bandas en las espigas	heladas	27
	hojas marchitas	falta de agua	73
	las hojas no parecen sanas	nutrición pobre	56
	muchas hojas viejas muertas	suelo salino o agua salobre	35
		heladas	27
En rodales	las hojas parecen enfermas	enfermedades	81
		nutrición pobre	56
	plantas u hojas físicamente dañadas	insectos	77
	hojas viejas con puntas amarillas	daño por inundaciones	74
	Tallos tendidos, las plantas quedan en el suelo	encamado, pudrición de las raíces	54

Revisar las páginas 47-52 para información general acerca de esta fase.

Lista de control desde la emergencia de la espiga hasta el inicio del desarrollo del grano (Z5.0 a Z7.02)



¿Parecen las espigas anormales? ¿Es el número de granos bajo?

¿Qué es necesario observar?	¿Cuál puede ser la causa del problema?	Ver página
Pocas espigas pequeñas, espiguillas en punta y base de la espiga pueden estar vacías	estrés hídrico	73
Espigas con bandas y espiguillas	heladas	27
Espigas oscuras sin granos	bajas temperaturas	27
Flores abiertas con anteras arrugadas	heladas	27
	déficit de boro en suelos alcalinos	33
Bajo número de granos por espiguilla	baja radiación y alta temperatura	31
	déficit de nutrientes	58
Espiguillas vacías al azar dentro de la espiga	déficit de boro en suelos alcalinos	33
	pájaros	45
Zonas localizadas de espigas dañadas	enfermedades	81
	insectos	77

Lista de control desde la antesis hasta la madurez de cosecha (Z6.8 a Z9.2)



¿Los granos son pequeños o están arrugados?

¿Qué es necesario observar?	¿Cuál puede ser la causa del problema?	Ver página
Granos pequeños	estrés hídrico	73
	alta temperatura, vientos	29
	cultivo encamado	54
	heladas	27
Pocas hojas verdes (ver pág. 46-49)	estrés hídrico	73
	déficit nutritivo tardío	58
	enfermedades	81
	insectos	77

Sección 5. Descripción de los problemas y soluciones

Factores ambientales

Efectos de la temperatura

La temperatura afecta la tasa de desarrollo de la planta a través de sus distintas fases (pág. 8) y la producción de hojas, tallos y otros componentes. Todos los procesos fisiológicos de la planta ocurren más rápidamente a medida que la temperatura aumenta entre una temperatura base y una temperatura óptima (pág. 91); más adelante se discute la estimación de estos efectos (pág. 91). Un buen manejo del cultivo puede contrarrestar más fácilmente los efectos negativos de las altas temperaturas que los de las bajas temperaturas, especialmente de las heladas.

Helada en un cultivo



AF van Herwaarden

Temperaturas bajas

A medida que desciende la temperatura el desarrollo se hace más lento. Si las temperaturas son lo suficientemente bajas como para llegar a helar, puede producirse un daño severo en los tejidos jóvenes; por ejemplo, los tallos vegetativos pueden morir a -5°C. Dos o más heladas consecutivas durante el período que va desde la emergencia de las espigas (Z5.1) hasta el inicio del llenado del grano (Z7.1), pueden tener consecuencias graves sobre el rendimiento. Temperaturas de 1,5°C registradas en la casilla meteorológica (pág. 90) a 1,5 m del suelo son lo suficientemente bajas como para producir daños ya que equivalen a 0°C sobre la superficie del cultivo. Una sola noche con helada durante este período puede no ser decisiva para la planta porque puede que sólo mueran los tejidos nuevos que están expuestos al aire; por ejemplo, como en las espigas con bandas de espiguillas muertas. Después de su exposición al aire todos los tejidos se vuelven más resistentes.

Bandas de espiguillas heladas



AF van Herwaarden

¿Son las heladas, o las bajas temperaturas, un problema?

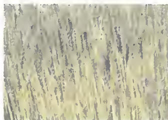
 Buscar plantas en estado vegetativo con tallos muertos. Las temperaturas han llegado muy por

debajo de -5 °C. Esto ocurre solamente en altas latitudes y altitudes, y en regiones con cambios extremos de temperaturas entre las estaciones y entre el día y la noche. Una franja de color más claro a lo ancho de las hojas en crecimiento es un síntoma de heladas suaves y desaparecerá cuando envejezcan las hojas. Por otro lado, la fotosíntesis de la planta (pág. 100) disminuye y el crecimiento se puede detener por uno o dos días después de las heladas.

☹ Desde la emergencia de las espigas hasta el llenado del grano, buscar una o varias bandas en la espiga (ver fotografía pág. 27). ¿Están las espiguillas vacías? ¿Están las bandas en una posición similar en muchas espigas? Cada pequeña banda es causada por una helada.

☹ Buscar espigas de color oscuro, incluso negro, sin granos. Esto puede ser debido a varios días consecutivos con temperaturas bajas durante la antesis o durante el llenado inicial del grano. En lugares altos de la zona subtropical (por ejemplo, Nepal) la esterilidad en los trigos de primavera puede ser debida a más de tres noches consecutivas de temperatura menores de 5°C, pero sin helar, entre las fases Z4.9 y Z5.9.

Espigas ennegrecidas y estériles después de bajas temperaturas pero sin heladas. Nepal



KD Subedi

☹ ¿Se observan una o dos espigas muertas en muchas plantas pero las otras espigas son normales?

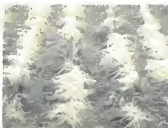
☹ ¿Se observan florecillas abiertas con anteras arrugadas? Esto puede deberse a las heladas aunque también puede ser deficiencia de boro.

¿Qué se puede hacer contra las heladas?

La única forma económica de enfrentarse a las heladas es asegurándose que el cultivo esté en una fase no sensible a las mismas en el momento en que es probable que las heladas ocurran.

☺ Sembrar más temprano o usar variedades más tardías de modo que las fases sensibles a las heladas (cerca de la antesis) ocurran cuando la probabilidad de heladas es muy baja. Heladas de hasta -4 °C durante la fase vegetativa no afectan los rendimientos en forma crítica.

Las temperaturas invernales por debajo del punto de congelación pueden matar la parte vegetativa



H GómezMacpherson

☺ Sembrar variedades en las que el espigado no sea sincrónico entre los tallos. Al tener espigas en diferentes estados de desarrollo y a diferentes alturas significa que no todas las partes serán dañadas por una misma helada.

☺ Sembrar variedades derivadas de cruzamientos de trigo de invierno x trigo de primavera que tienen mayor tolerancia al frío (ver Subedi *et al.*, 1998).

Temperaturas altas

Con temperaturas altas el cultivo necesitará más insumos (nutrientes, agua, radiación solar) para poder mantener su nivel de metabolismo. Para evitar pérdidas importantes de rendimiento a medida que aumente la temperatura, el manejo del cultivo deberá ser cada día más preciso; se pueden obtener buenos rendimientos compensando el efecto de las altas temperaturas con un óptimo suministro de agua y de nutrientes. Durante el llenado del grano y a medida que aumenta la temperatura, el desarrollo se acelera más que el crecimiento; aún bajo condiciones óptimas de manejo, el rendimiento se puede reducir hasta 4 por ciento por cada 1°C que aumente la temperatura media (Stapper y Fischer, 1990c) debido al acortamiento del período de llenado del grano.

El daño causado por las temperaturas altas está comúnmente asociado con el estrés hídrico por lo que el manejo del agua pasa a ser una operación crítica. En la medida en que las plantas puedan transpirar libremente también podrán hacer frente a las altas temperaturas. Los cultivos con suficiente agua disponible pueden soportar temperaturas del aire de 40°C; sin embargo, si el agua es un factor limitante, las hojas pueden morir a 40°C ya que las plantas estresadas intentan conservar agua cerrando sus estomas (pág. 99) y reduciendo así el beneficioso enfriamiento producido por la transpiración. Sin ella, la temperatura de las hojas puede llegar a 50°C interrumpiéndose los procesos metabólicos. Las plántulas en suelos muy calientes y secos pueden alcanzar fácilmente estas temperaturas críticas.

¿Son las temperaturas altas un problema?

☹ Durante las etapas de plántula buscar zonas con emergencia pobre o plántulas con hojas secas o muertas. Las plántulas emergentes pueden desecarse rápidamente si la temperatura del suelo llega a 40°C o más. Si hace calor y hay una fuerte radiación solar, esta calentará un suelo seco hasta 50°C, sobre todo si son oscuros. Peacock *et al.* (1994) encontraron una reducción del 30 por ciento en el número de plántulas emergidas y en su supervivencia, cuando la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad aumentó de 37 a 45 °C.

☹ La antesis y el llenado del grano, ¿ocurren durante la parte más calurosa del año? El período de llenado del grano, ¿es muy corto?

☹ Los granos, ¿están arrugados? ¿ha habido vientos desecantes fuertes y frecuentes durante el llenado del grano?

¿Qué se puede hacer en caso de altas temperaturas?

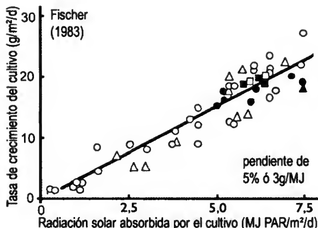
☺ Cubrir el suelo con residuos vegetales para proteger las plántulas. Esto mantiene la temperatura del suelo baja durante el día aislándolo de la radiación solar y conservando la humedad. La cubierta de residuos también reduce el enfriamiento durante la noche.

☺ Sembrar tan pronto como sea posible después de preparar el lecho de siembra para así minimizar las pérdidas de agua del suelo. Sembrando en suelo húmedo se pueden colocar las semillas a menor profundidad asegurando una emergencia de las plántulas más rápida. El lecho de siembra estará además más fresco.

☺ Si se puede regar por aspersión, el riego reducirá la temperatura del suelo durante la emergencia de las plántulas. Es conveniente regar por la noche.

☺ Minimizar los efectos de las altas temperaturas manteniendo el cultivo sin estrés hídrico. El enfriamiento del cultivo por la transpiración (pág. 101), en condiciones de baja humedad, puede reducir la temperatura del cultivo por debajo de la temperatura del aire en más de 5°C (algunos autores indican hasta 10-15°C).

☺ Seleccionar el momento óptimo de siembra de tal manera que se eviten las altas temperaturas durante la antesis y el llenado del grano. Hay que evitar también la coincidencia del llenado del grano con vientos frecuentes, desecantes, calientes y fuertes. En estas condiciones el cultivo no puede transpirar lo suficientemente rápido como para mantener baja la temperatura.



Los cultivos crecen más rápidamente con más radiación solar siempre que tengan suficiente agua

☺ Elegir una variedad lo más adaptada posible a las condiciones climáticas del lugar que evite las altas temperaturas durante la antesis y el llenado del grano (ver pág. 46 para el momento óptimo de siembra).

Efectos de la radiación solar

El crecimiento del cultivo está determinado en primer lugar por la cantidad de radiación solar que puede interceptar y usar durante su vida. Un exceso de radiación raramente es un problema, siempre que estén disponibles agua y nutrientes. Para obtener rendimientos altos las hojas deberán crecer y cubrir la superficie del suelo tan pronto como sea posible después de la siembra. Si este proceso se demora, la radiación solar se pierde en forma de calor incorporado al suelo desnudo, evaporando la humedad del suelo. La radiación solar es especialmente importante para el rendimiento durante el período que va del final del encañado hasta una semana después de la antesis (Z3.3 a Z7.05). En este período, una baja radiación acompañada por temperaturas altas reduce el número de granos (pág. 9) y afecta seriamente el potencial de rendimiento.

¿Ha estado el sol oculto por nubes o niebla?

☹ Controlar el número de macollos durante el macollaje, ¿son tantos como cabría esperar en un cultivo normal? Comparar el número de hojas del tallo principal y el número de macollos por planta con los de la gráfica en la página 48. El macollaje no tiene lugar si el tiempo es nuboso y hace calor; tampoco ocurre cuando hace calor y falta agua.

☹ Buscar tallos débiles hacia el final del macollaje (Z2.4 – 3.5).

☹ Después de la antesis, ¿hay menos granos por espiguilla de los que se podrían esperar? Durante las dos semanas antes de la antesis, ¿estuvo el tiempo nublado o con lloviznas y hacía calor? Durante este período el porcentaje de reducción en el número de granos es casi igual al porcentaje de reducción de la radiación solar.

☹ Después de la antesis, ¿aparecen todavía florecillas con las anteras pálidas o mal formadas? Durante las etapas Z3.9 y Z5.0, ¿fue la radiación solar baja debido a nubosidad o niebla y la temperatura alta? Si el suelo es ligeramente pobre en boro, esa puede ser la razón de la esterilidad. Los

Espigas estériles en un suelo deficiente en boro. Las espigas parecen translúcidas pero otras partes de la planta parecen normales



KD Subedi

efectos de la deficiencia de boro en el suelo pueden ser exacerbados por la nubosidad, la escasa iluminación y la alta humedad. Estas condiciones reducen la tasa de transpiración (pág. 101) y están asociadas con la absorción de boro del suelo (ver Rawson y Subedi, 1995, para más información).

¿Qué se puede hacer respecto a la radiación solar?

☺ Se debe regar de tal modo que se evite el estrés hídrico durante los períodos de alta radiación solar y temperatura y así usar estas variables en la forma más favorable para aumentar la producción de biomasa y el rendimiento.

☺ Si es probable que la radiación sea muy baja entre el momento de la aparición de la aurícula de la hoja bandera y la antesis y que el suelo sea pobre en boro, se recomienda entonces aplicar 1 kg/ha de boro en el momento de la siembra. También es recomendable sembrar una variedad tolerante al bajo contenido de boro.

Suelos ácidos o alcalinos

La acidez o la alcalinidad se miden en unidades de pH con una escala de 1 a 14, si bien los valores extremos no ocurren en los suelos agrícolas. El pH=7 es neutro. La acidez aumenta con los valores de 7 a 4 y la alcalinidad de 7 a 10. El trigo crece mejor entre pH 5,5 y 7,5 (zona verde en la figura); sin embargo, puede crecer en suelos más ácidos si se agregan correctores al suelo.

El principal efecto de un pH muy alto o muy bajo es que algunos nutrientes pueden estar disponibles en forma excesiva y ser tóxicos mientras que la disponibilidad de otros puede disminuir y aparecer como deficiencias del cultivo (síntomas en la pág. 57). En la figura las deficiencias aparecen como barras rojas angostas.

Efecto del pH del suelo en la disponibilidad de nutrientes. La zona verde de pH 5,5 a 7,5 es la más adecuada para el trigo. Una barra más angosta significa menos disponibilidad del nutriente

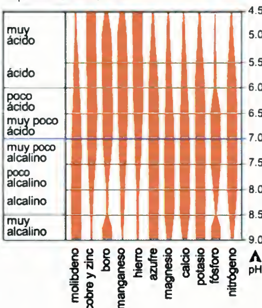


Figura basada en Pratt (1965)

En los suelos ácidos, el aluminio y el manganeso pueden volverse muy solubles y tóxicos y, además, reducir la capacidad de la planta para absorber fósforo, calcio, magnesio y molibdeno. Especialmente en los suelos ácidos, el fósforo no está disponible para las plantas. Si el boro, el cobre y el zinc están presentes en el suelo, pueden presentar toxicidad a bajos pH. En suelos medianamente alcalinos es posible encontrar deficiencia de boro, cobre y zinc y puede no estar disponible el fósforo. El pH del suelo tiene relativamente poco efecto sobre el nitrógeno.

En los suelos ácidos la sustitución del trigo por especies tolerantes a esas condiciones puede mejorar la productividad de la finca. Sin embargo, las ganancias pueden ser efímeras ya que esas especies pueden acidificar más el suelo llegando incluso a un nivel que sea limitante para ellas. El mejor enfoque es sin duda el mejoramiento del suelo.

¿Es el suelo demasiado ácido o alcalino?

- Tomar muestras de suelos a distintas profundidades en la zona radical y medir el pH con papel tornasol o con un medidor de pH. Poner especial atención a los valores por debajo de pH 5,5 y por encima de 7,5.
- La deficiencia de fósforo o magnesio en las hojas más viejas (pág. 60), o de calcio en las hojas más jóvenes (pág. 62), son síntomas que indican un suelo excesivamente ácido.
- Observar los cultivos vecinos de leguminosas o colza ya que éstos son más sensibles a la acidez del suelo que el trigo. ¿Tienen mal aspecto?
- Se ven síntomas evidentes de deficiencias de zinc en las hojas más viejas (pág. 60), o de cobre o hierro en las hojas jóvenes (pág. 62)? ¿Sufren las plantas una deficiencia de boro evidenciada por una formación de granos al azar dentro de las espigas? Estos síntomas son indicadores de suelo alcalino.
- ¿Es el suelo muy impermeable, está desmenuzado, se agrieta cuando está seco y se hunde y drena con dificultad cuando está húmedo? El suelo puede ser alcalino y sódico.

Causas de pH extremos en s[illegible]

- El suelo es geológicamente muy antiguo y fuertemente lixiviado, con altos niveles de óxidos de hierro y aluminio. Estos suelos son ácidos.
- Se han aplicado fertilizantes acidificantes al suelo durante muchos años, incluyendo aquellos que contienen nitrógeno amoniacal y superfosfato.
- Se han incorporado grandes cantidades de materia orgánica a un suelo muy húmedo y durante muchos años, dando lugar a su acidificación.
- El suelo es ligeramente alcalino a causa de la aplicación de materiales calizos.

¿Qué se puede hacer en los suelos ácidos o alcalinos?

- Añadir cal a los suelos ácidos incorporándola al menos hasta 15 cm de profundidad. Las partículas deben ser lo más finas posibles y siempre menores de 2 mm. Es importante mezclar bien la cal con el suelo para evitar concentraciones alcalinas que pudieran eventualmente matar las plántulas. El pH aumentará entre 0,3 y 0,7 unidades por cada tonelada de cal de alta calidad añadida a una hectárea de suelo. El efecto puede durar unos 10 años. No añadir más de 2,5 t/ha ya que de lo contrario se podrían inducir deficiencias de zinc y manganeso; en suelos pobres en boro, su disponibilidad se podría limitar aún más.
- Añadir grandes cantidades de abonos orgánicos para amortiguar el pH del suelo, sobre todo donde el aporte de cal no sea posible.
- Evitar el uso de fertilizantes acidificantes en suelos sódicos, mejorar el drenaje, incorporar yeso y usar en la rotación cultivos de raíces profundas como leguminosas y crucíferas que lleven el yeso hacia abajo dentro del perfil del suelo. El yeso proporciona calcio que reemplaza el exceso de sodio. El azufre también se usa para acidificar el suelo.
- Si la alcalinidad del suelo es sódica, mejorar el drenaje, incorporar yeso y usar cultivos de raíces profundas tales como leguminosas y canola en la rotación para trasladar el yeso hacia abajo en el perfil del suelo. El azufre también es usado para acidificar el suelo. El yeso proporciona calcio para reemplazar el exceso de sodio.
- Agregar los macro- o los micronutrientes que se identifican como deficiencias al observar las plantas. Colocar bandas de fósforo con nitrógeno de amonio en los suelos alcalinos para aumentar la disponibilidad del fósforo.

Suelos salinos

Todos los suelos contienen sales y algunas de estas se convierten en un problema cuando se concentran en la zona radical del cultivo; a veces, el problema es el cloruro sódico (o sal de mesa) pero también pueden serlo otras sales. Las sales pueden destruir la estructura del suelo causando la expansión de las arcillas y la dispersión de las partículas finas que obstruyen los poros del suelo a través de los cuales circulan agua y oxigeno. También favorecen la formación de costras superficiales.

Sales sobre la superficie del suelo



La clave para controlar la salinidad en los suelos es mantener o lixiviar las sales por debajo de la zona radical. Esto se obtiene con un movimiento neto de agua hacia las zonas profundas del suelo; se puede incluso usar agua ligeramente salina. Los problemas ocurren cuando la dirección del flujo del agua se invierte en un movimiento ascendente como, por ejemplo, cuando sube la capa freática. Las sales también pueden ascender hacia la superficie por capilaridad. Esto será un problema si la capa freática ya está alta y es salada pues las sales no necesitarán subir mucho para llegar a destruir toda la zona radical. Los cristales blancos de sal se pueden observar sobre la superficie del suelo cuando este se seca.

Cuando las plantas crecen en suelos salinos, su crecimiento se reduce y las hojas y los tallos no se expanden. Con la acumulación de las sales las hojas se mueren y, eventualmente, toda la planta muere. Cuanto mayor es el nivel de salinidad más rápidamente se evidencian sus efectos y decrecen los rendimientos. La fotografía en esta página muestra un crecimiento pobre y la muerte temprana de las plantas en zonas con problemas de salinidad.

Una zona salina en un cultivo de trigo en Australia



Rana Munns

Los cultivos y variedades difieren considerablemente en cuanto a la tolerancia a la salinidad. El trigo blando (o panadero) es más tolerante que el trigo duro y que otras especies como el arroz y el maíz. Algunas variedades de trigo blando son más tolerantes que otras, así como las plantas son más tolerantes durante el llenado del grano que cuando plántulas (Rawson *et al.*, 1988).

Los suelos sódicos merecen ser mencionados ya que no son suelos salinos como tales pero contienen niveles relativamente altos de sodio. Esto hace que sean físicamente inestables, que se desmenucen y se agrieten cuando se secan y se hundan cuando están húmedos. Cuando se endurecen son relativamente impermeables al agua, favoreciendo la escorrentía que transporta arcilla en suspensión, materia orgánica y nutrientes. El agua con un contenido alto de sodio no debería ser usada para riego si los suelos son muy impermeables ya que la situación podría empeorar rápidamente (Russell, 1961).

¿Es el suelo salino?

☹ Buscar cristales blanquecinos de sal en el suelo seco, sobre todo en la cresta de los surcos (ver fotografía pág. 34); tocarlos con un dedo humedecido, comprobar su sabor y confirmar que es sal.

☹ ¿Hay zonas del terreno desnudas que permanecen húmedas o pantanosas durante algunos días después del riego?

☹ ¿Hay zonas en el cultivo con menor crecimiento y hojas amarillentas?

☹ Controlar los grupos de plantas que, a pesar de haber recibido suficiente agua, parecen marchitas y con hojas opacas (pág. 60), sin el brillo de las hojas sanas.

☹ ¿Se ha reducido el macollaje y hay una alta e inesperada proporción de hojas viejas muertas? Controlar cuántos macollos debería haber en un cultivo normal (pág. 47).

☹ ¿Hay una capa freática en ascenso a menos de dos metros de la superficie? ¿Es el agua salada? Excavar hasta la capa freática tomando un puñado de suelo cada 30 cm a medida que se excava. Anotar las muestras indicando su profundidad y probar el sabor de cada muestra (ver soluciones a estos problemas en pág. 37).

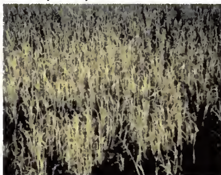
El suelo es básicamente salino.

El agua de riego es salina y no ha sido aplicada en cantidad suficiente como para lavar el suelo de sales.

El drenaje es inadecuado por lo que el movimiento neto del agua hacia abajo no ocurre.

Se usa un exceso de agua de riego y se acumula como una capa freática sobre un subsuelo poco profundo e impermeable.

Sal causando la amarillez del cultivo y la muerte de las hojas. Haryana, India



H GómezMacpherson

Hay una capa freática alta favoreciendo el ascenso de sales desde las partes más profundas.

Se han eliminado en las cercanías las plantas con alta transpiración y raíces profundas permitiendo la elevación de la capa freática salina.

¿Qué se puede hacer en los suelos salinos?

☺ Probar el sabor del agua de riego. Si no es salada o ligeramente salada debería ser aceptable para el riego siempre que haya un buen drenaje. Si se desea, enviar una muestra al laboratorio para medir la conductividad eléctrica (CE) que indica el nivel de salinidad.

- ☺ Si se sospecha que hay salinidad en áreas de crecimiento pobre del cultivo, poner un poco de suelo en un recipiente y agregar agua limpia de modo que cubra el suelo. Agitar. Cuando el agua en la parte superior se aclara, probarla. Si no presenta sabor salado o si es ligeramente salada, el problema no es la sal. Si es sumamente salobre, realmente hay un problema. Ver cual de las siguientes soluciones puede aplicarse (prueba de sabor según Rana Munns).
- ☺ Hacer correr agua a través del suelo con riegos abundantes e infrecuentes en lugar de riegos ligeros y frecuentes. Si el suelo es muy salino, no se debería usar agua pura para la lixiviación. El agua sin sal podría destruir la estructura del suelo con formación de costras en el suelo húmedo que se agrietarán al secarse el suelo.
- ☺ Mejorar el drenaje por medio de una labranza profunda y la incorporación de materia orgánica para asegurar un flujo descendente del agua de riego y lixiviar las sales.
- ☺ Controlar por medio de la prueba de sabor si el agua de la capa freática es salina. ¿Indican las muestras que el suelo es más salino hacia la superficie? Si no es más salino, procurar bajar la capa freática. Si es más salino, concentrarse inicialmente en lixiviar las sales.
- ☺ Si los análisis indican que la concentración de sodio es alta, agregar calcio, preferiblemente en forma de yeso, que reemplace el sodio intercambiable en el suelo.
- ☺ Nivelar el campo de modo que no haya áreas que permanezcan húmedas por períodos excesivamente largos.
- ☺ Usar una cubierta vegetal muerta para reducir la evaporación de la superficie del suelo.
- ☺ Ejecutar las prácticas anteriores pero además buscar variedades o especies más tolerantes.

Probar el agua de riego y de un extracto de agua del suelo. Un gusto apenas salado o sin gusto a sal es aceptable. Un fuerte sabor a sal es un problema.

Factores de manejo

El trigo se cultiva desde la línea ecuatorial hasta aproximadamente los 60° de latitud. Si bien se pueden obtener buenos rendimientos incluso con temperaturas tan altas como 40°C, éstos se reducen fuera del rango óptimo de temperaturas (pág. 90). A medida que las temperaturas se acercan al punto óptimo para el desarrollo, el manejo debe ser más cuidadoso y preciso a fin de mantener los rendimientos; el cultivo crecerá más rápido y, por tanto, la demanda diaria de recursos será mayor. Cualquier demora en proporcionar esos recursos, o cualquier demora en la eliminación de los competidores por esos recursos tales como malezas y enfermedades, tendrá un impacto negativo sobre el rendimiento.

El rendimiento del cultivo empieza en el Día 1, o sea, el día de la siembra (ver componentes del rendimiento en pág. 9), pero el buen manejo del cultivo comienza antes del mismo.

Un cultivo uniforme



AF van Herwaarden

Establecimiento pobre del cultivo, ¿por qué?

El trigo tiene un importante y característico hábito de crecimiento que es el macollaje. Unas pocas plantas pueden en poco tiempo producir muchas hojas y tallos que aprovechen los recursos del suelo; es decir, las plántulas no tienen que estar espaciadas perfectamente para cubrir el suelo pues los macollos cubrirán los espacios vacíos. Sin embargo, lleva más tiempo cubrir los espacios por medio del macollaje que con un espaciado uniforme y con todas las plántulas emergiendo al mismo tiempo; la sincronización es importante para el rendimiento. Las cubiertas foliares pobres son la principal limitación del rendimiento, sobre todo en zonas cálidas (Ageeb, 1994;

Olugbemi, 1994). Una cubierta foliar pobre puede deberse a distintas causas: lecho de siembra demasiado seco, pobre preparación del lecho de siembra, mala semilla (viabilidad) e inapropiadas técnicas de siembra. La siembra en el *momento equivocado* puede empeorar estos problemas.

Preparación del suelo

La preparación del suelo antes de la siembra debería tener los siguientes objetivos:

- crear una estructura del suelo favorable para que la emergencia de las plántulas sea rápida y uniforme y permita a las plantas jóvenes tener un rápido acceso a los recursos vitales de los nutrientes, el agua y la aireación. Tanto el sistema de labranza convencional (también llamado limpio) como el de labranza mínima tienen los mismos objetivos. Sin embargo, la labranza mínima (pág. 101) limita el disturbio del suelo a las capas superficiales o a una pequeña abertura para cada hilera del cultivo (pág. 100). La labranza mínima usa frecuentemente maquinaria ligera que puede entrar al campo cuando está húmedo (por ejemplo, después de un cultivo de arroz) con la consiguiente ventaja de acortar el tiempo entre rotaciones o cultivos sucesivos. Esto puede ser un factor crítico para maximizar los rendimientos anuales.
- incorporar cualquier tipo de aditivos tales como cal, "composte", estiércol y agroquímicos para la nutrición de las plantas y el control de las plagas y, dependiendo del lugar, incorporar residuos de los cultivos previos.
- controlar malezas, plagas y enfermedades.
- dar forma a la tierra de tal manera que se pueda suministrar y drenar el agua de riego en forma eficiente, o que el agua se estanque lo menos posible; esto puede requerir nivelación, preparación de surcos, camas y otras operaciones.

Uso de un nivel láser para nivelar el suelo en Punjab, Pakistán



H GómezMacpherson

Siembra directa sobre los residuos del cultivo anterior. Pakistán



Hafiz Mujeeb

No se podrá obtener un buen lecho de siembra si los equipos disponibles son los inadecuados para una preparación bien hecha y a su debido momento, sobre todo cuando se riega por inundación o por surcos.

Sistema de camas con dos hileras de plántulas en cada una México



H GómezMacpherson

Estos sistemas requieren múltiples operaciones de labranza y nivelación del suelo y formación de bordes para canalizar y contener el agua de riego. En estos casos puede ser útil usar labranza mínima (pág. 93) o incluso emplear más tiempo y construir un sistema de camas permanentes (pág. 94). Si se usan estas camas, el proceso de preparación del terreno es más complejo. Debe ser formado o reformado en largas camas de 60-80 cm de ancho con dos o tres hileras de siembra bien definidas, que quedarán separadas por los surcos de riego/drenaje. Sin embargo, al cabo de los años, cuando la estructura de la cama esté bien establecida, sin que haya sido dañada por los cultivos anteriores y cubierta con una capa espesa de residuos, sólo habrá que sembrar en las hileras predefinidas, o sea, será algo similar a la labranza mínima en tierras llanas.

Problemas de la preparación del suelo

Los terrones dan lugar a una distribución desigual de plántulas



AF van Herwaarden

☹ Antes de la siembra es necesario prestar atención al tamaño de los terrones que quedan después de la labranza. Si son abundantes y de diámetro mayor a los 5 cm, pueden causar variaciones en la profundidad de siembra o dificultar físicamente la emergencia de las plántulas. Este es el momento adecuado para solucionar el problema.

☹ Buscar indicadores de zonas inundadas antes de la siembra. ¿Se observan zonas húmedas en áreas bajas, tal vez ligeramente verdosas debido al crecimiento de algas? O si el área está seca, ¿se observa una costra sobre la superficie del suelo? La inundación puede causar la muerte de las plántulas o de los macollos.

☹ Antes de la siembra, controlar a que nivel se encuentra la humedad del suelo: excavar hasta encontrarse con una zona más oscura o que se sienta húmeda. ¿Está el suelo excesivamente seco para la germinación?

☹ Antes de la siembra, controlar que la capa de residuos del cultivo anterior sea lo suficientemente fina como para permitir la penetración de la sembradora a profundidades uniformes. Los residuos incorporados, ¿son tan voluminosos que crean bolsones de aire en el suelo impidiendo una siembra uniforme?

☹ Controlar el encostramiento (pág. 98) una semana o dos después de la siembra. Desenterrar plántulas donde hay costra o donde la emergencia es variable. Las plántulas que no hayan podido atravesar la costra estarán dobladas o retorcidas y tendrán hojas largas amarillentas.

☹ ¿Hay muchas semillas secas y que no germinaron? El suelo estaba muy seco en el momento de la siembra.

☹ ¿Hay muchas malezas en el campo? Si las malezas son más altas que las plántulas es porque no fueron controladas por la labranza de presiembra o porque esta labranza fue hecha demasiado tiempo antes de la siembra permitiendo una nueva emergencia de malezas.

La labranza se hizo cuando el suelo estaba muy húmedo dando lugar a un exceso de terrones.

La labranza se hizo cuando el suelo estaba demasiado seco, o hubo un exceso de labranza secundaria, causando una pérdida de estructura. Si hay una lluvia o un riego intenso, probablemente se formará una costra (pág. 98).

La estructura del suelo es pobre debido a la salinidad o a un exceso de sodio (pág. 36).

Los residuos no fueron suficientemente incorporados o su exceso no fue removido antes de la preparación del suelo.

El lapso entre la labranza y la siembra fue muy largo y el lecho de siembra se desecó.

Cómo mejorar el lecho de siembra

☺ Reducir el tamaño de los terrones por medio de una segunda labranza. Sin embargo, prestar atención si el suelo está muy seco pues se podría destruir la estructura y dar lugar a un encostrado. Pueden prepararse pautas para cultivar la tierra según el contenido de humedad del suelo (pág. 18).

- Minimizar el encostramiento (pág. 98) reduciendo el número de labranzas secundarias que puedan pulverizar el suelo; dejar algunos residuos de cultivo sobre la superficie del suelo. Si hay aspersores disponibles, regar antes de la emergencia de las plántulas para ablandar la costra.
- Si se practica la siembra directa después de un cultivo de alto rendimiento, como arroz, maíz o soja, elimine el exceso de residuos de modo tal que se pueda efectuar una siembra adecuada a una profundidad uniforme. Alternativamente, se deberá usar un equipo de siembra que pueda traspasar la capa espesa de residuos.
- Programar la labranza de modo que no sea demasiado anterior a la siembra. El objetivo es favorecer a las plántulas del cultivo sobre las malezas que germinan o que rebrotan.
- Usar labranza mínima de modo que todas las operaciones puedan ser hechas en el momento óptimo y completadas rápidamente. Así se puede evitar un exceso de trabajo del suelo y la consecuente pérdida del mismo, dar lugar a menos terrones y reducir el gasto de agua ya que una menor proporción de suelo desnudo está expuesto a secarse al aire.

Viabilidad de las semillas

¿Son las semillas de mala calidad?

- Contar las plántulas pocos días después de que emerjan las primeras (pág. 14) y controlar si hay un número menor de lo esperado según la cantidad de semilla sembrada. Si parte de las semillas eran inviables, esto se manifestará en una población pobre, poco densa, y no en grupos de plantas (rodales), ya que las semillas en malas condiciones estarán uniformemente mezcladas con las semillas en buen estado.
- ¿Se observan plántulas emergiendo aún diez días después de la emergencia de las primeras? ¿Las últimas plántulas parecen débiles? Las semillas viejas pueden producir plántulas débiles. Desenterrar algunas de estas plántulas débiles: ¿muestran síntomas de enfermedades (pág. 81), o indicaciones de que han crecido entre terrones (pág. 40)? Si no es así, las semillas probablemente eran de mala calidad.

Causas de la mala semilla

- La semilla fue almacenada a altas temperaturas, en un ambiente de alta humedad o cerca de agroquímicos.

- Los vapores que se difunden de algunas maderas tratadas y de algunos plásticos blandos pueden afectar la viabilidad de las semillas en depósitos mal ventilados.
- Las semillas fueron cosechadas cuando el cultivo estaba muy seco dando lugar a una alta proporción de semillas inviables, agrietadas o rotas, o si eran viables entonces tuvieron escasas reservas para llegar a la superficie del suelo.
- Las semillas fueron cosechadas demasiado pronto y retuvieron un cierto grado de latencia. Si este fuera el caso, las últimas plántulas que emerjan serán fuertes y saludables.
- Las semillas estaban atacadas por insectos o enfermedades.

¿Qué hacer acerca de la calidad de las semillas?

☺ Hacer una prueba de germinación antes de la siembra. Ajustar la densidad de siembra a lo indicado por el análisis de germinación.

$$\textit{Semillas a sembrar} = \frac{\textit{cantidad requerida x 100}}{\textit{\% germinación}}$$

☺ Almacenar las semillas en un lugar fresco, seco y bien ventilado.

☺ Cosechar las semillas en el momento en que puedan sufrir el menor daño físico posible.

☺ Separar las semillas dañadas de las semillas a sembrar.

☺ No sembrar semillas de más de un año, excepto cuando en la prueba de germinación muestren que mantienen una buena calidad.

NOTA: hacer una prueba de germinación tomando varias muestras de 100 semillas de la parte interna de los envases y mantenerlas por separado. Humedecer cuadrados de papel o de tela y esparcir sobre ellos cada grupo de 100 semillas sin que las semillas se toquen. Cubrirlas con otro cuadrado húmedo. Enrollarlos y colocarlos en una bolsa de plástico para que no se desequen. Mantener la bolsa a temperatura ambiente. Después de 4-5 días contar cuantas semillas germinaron en cada lote. El porcentaje de germinación es el número de semillas germinadas dividido por el número de semillas en la muestra multiplicado por 100.

Profundidad y método de siembra

Cuanto menos profundo se siembre más pronto emergerán las plántulas y podrán comenzar las actividades fotosintéticas (pág. 100) y, por lo tanto, más temprano comenzará el macollaje. La profundidad de siembra adecuada es aquella que coloca la semilla donde pueda absorber agua para la germinación y no desecarse posteriormente. Si hay problemas con pájaros, entonces a menudo hay que sembrar más profundo. Si bien las plántulas de algunas variedades pueden emerger desde 5 cm de profundidad, esto puede ser demasiado profundo para algunos genotipos modernos que tienen coleoptilos cortos. Las plantas en la fotografía fueron sembradas en el mismo día a

La siembra poco profunda acelera el crecimiento de la plántula y aumenta el macollaje



M Stapper

diferentes profundidades. Muestra que plántulas de la misma edad procedentes de semillas sembradas más superficialmente son más grandes que aquellas que emergen desde una mayor profundidad: tienen más hojas (15 *vs.* 5), que son más cortas y más anchas, y tienen más hojas en el tallo principal (5 *vs.* 3) y más macollos (4 *vs.* 1). A largo plazo, estas diferencias se reflejarán en el número de espigas y en el rendimiento.

¿Son las plántulas uniformes?

- ☹ Observar el cultivo a las dos semanas de la siembra. ¿Hay el esperado número de plántulas emergidas? Confirmar la evaluación contando las plántulas según los métodos descritos en la página 15.
- ☹ ¿Es uniforme la emergencia? Si no lo es, desenterrar algunas semillas donde la emergencia es despareja, ¿han germinado? Si no es así, proseguir según lo descrito en la sección de viabilidad de las semillas (pág. 42). ¿Están sanas las plántulas?

(ver pág. 81 para los problemas de enfermedades). Medir la longitud de la parte blanca debajo de la tierra en las plántulas emergidas (ver fotografía de profundidad de siembra en pág. 44). Estas longitudes no deberían presentar diferencias de más de 1 cm si la siembra se hizo en forma uniforme.

☹ ¿Es uniforme el espacio entre las plántulas? La sembradora mecánica se puede haber bloqueado o puede haber sembrado en exceso.

☹ ¿Hay muchas plántulas desarraigadas? Observar si hay señales de pájaros, roedores o insectos.

☹ Controlar todas las sugerencias en la sección *Cómo mejorar el lecho de siembra* (pág. 41).

Muchas de las semillas estaban muertas antes de la siembra o tenían escaso vigor. Controlar las causas en las secciones *Cómo mejorar la cama de semillas* (pág. 41) y *Viabilidad de las semillas* (pág. 42).

Se sembraron pocas semillas. La siembra al voleo requiere más semillas para corregir una distribución irregular.

La siembra fue demasiado profunda para una cierta variedad y los coleoptilos, demasiado cortos, no llegaron a la superficie. Medir la longitud del tallo entre la semilla y la superficie del suelo y compararla con la profundidad de siembra recomendada para la variedad.

Las semillas se sembraron en un lecho de siembra que se secó dando lugar a una germinación desigual.

Las semillas no se distribuyeron uniformemente antes de cubrirlas con el suelo, tal vez sembradas al voleo por un agricultor con poca experiencia.

Las semillas se sembraron demasiado superficialmente y fueron desenterradas por pájaros o comidas por insectos.

Se sembró demasiado tiempo después de la labranza permitiendo el establecimiento de las malezas (pág. 64) y su competencia por recursos con las plántulas.

Llovió intensamente después de la siembra y la superficie del suelo se encostró.

Qué hacer para solucionar los problemas en la emergencia

☺ Revisar los problemas del lecho de siembra (pág. 47) y de la viabilidad de las semillas (pág. 42).

☺ Seguir las recomendaciones para la densidad de siembra (pág. 43) en la región.

- ☺ Controlar que la profundidad de siembra de la sembradora sea la adecuada para la variedad.
- ☺ Usar métodos de labranza mínima o sembrar directamente sobre los residuos del cultivo anterior.
- ☺ En el caso de falta de máquinas para la labranza y la siembra y para obtener un buen establecimiento de las plántulas, dar un riego de presiembra, distribuir cuidadosamente la semilla y el fertilizante al voleo y cubrir con una capa de paja en lugar de suelo (Jongdee, 1994).
- ☺ Añadir una cubierta de residuos libres de enfermedades para mantener húmeda y fresca la superficie del suelo durante la emergencia de las plántulas y prevenir la formación de costras; también puede reducir las pérdidas causadas por los pájaros, los roedores y los insectos. Aunque la cubierta de residuos vegetales puede aumentar los rendimientos en cerca del 10 por ciento (ver Badaruddin *et al.*, 1999) no siempre es físicamente posible o económicamente viable.

Momento óptimo de siembra

Para cada localidad hay una fecha óptima de siembra determinada principalmente por las condiciones climáticas y por la disponibilidad de tierra y riego, y también por la variedad a ser usada y el probable momento de la aparición de enfermedades importantes en la región. La mejor fecha de siembra es aquella que produce los más altos rendimientos dentro de las limitaciones locales. Usualmente se calcula por medio de una cuenta regresiva desde el momento de la antesis (ver los puntos más abajo). Una vez que se haya determinado la mejor fecha de siembra, cualquier demora en la misma reducirá el rendimiento. La pérdida de rendimiento será por lo general mayor en las regiones más calurosas.

La variedad más adecuada será aquella que ajuste mejor sus etapas de desarrollo al clima de la región. Al decidir la variedad y calcular la fecha de siembra hay que tener en cuenta los siguientes riesgos:

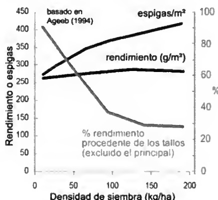
- ◆ Evitar las heladas desde la emergencia de las espigas (Z5.1) hasta el inicio del llenado del grano.
- ◆ Evitar temperaturas altas durante la antesis y el inicio del llenado del grano.
- ◆ Evitar el tiempo nublado o con lloviznas desde dos semanas antes a una semana después de la antesis (en este período la radiación solar debería ser alta).
- ◆ El riego deber estar disponible desde la elongación del tallo pasando por la antesis hasta el momento del llenado del grano.
- ◆ Evitar las variedades que espigan muy rápidamente antes de producir los macollos, excepto cuando la duración de la campaña requiera un cultivo de muy corta duración.

Hay que pensar no sólo en el cultivo que está en el campo sino en el mejor compromiso que considere la fecha de siembra de todos los cultivos de la rotación de tal modo que optimice la producción anual.

Densidad óptima de siembra

El número de plantas de un cultivo depende de la densidad de siembra, de la viabilidad de las semillas, del porcentaje de emergencia de plántulas y de la sobrevivencia de las plantas. Sin embargo, en los cultivos regados, el número de plantas puede a menudo variar sensiblemente sin afectar claramente los rendimientos. Esto se debe a que la planta de trigo produce macollos (pág. 101) los cuales a su vez producen hojas, espigas y granos. Por ello, la densidad de siembra tiene en general menos influencia sobre el rendimiento final que otros factores discutidos anteriormente.

La figura muestra que la densidad de siembra puede tener un efecto limitado sobre el rendimiento ya que a menor número de plantas hay mayor producción por planta



Por ejemplo, en el estudio hecho en Sudán que se muestra en la figura, el rendimiento no aumentó significativamente al aumentar la densidad de siembra hasta 15 veces ya que a bajas densidades de siembra cada planta produjo más tallos y más espigas. Es necesario notar también que los resultados finales no fueron muy altos.

Las recomendaciones para la densidad de siembra, por lo general, están entre 100-150 kg/ha, lo cual es más de lo necesario pero considera las pérdidas posibles por mala preparación del suelo, mala semilla y pobre distribución de la misma como ocurre cuando se siembra al voleo (pág. 40). Una alta densidad de plantas puede favorecer las enfermedades (Du Daiwen, 1994) pero reduce los efectos de las malezas en razón de una mejor competencia, un hecho muy importante en algunas regiones. Una densidad alta puede favorecer también el encamado (pág. 54).

La cubierta del cultivo: control de los macollos y espigas

Un buen cultivo de más de 4 t/ha debe tener más de 400 espigas/m² ya que cada espiga, como promedio, produce 1 gramo de grano. Con una densidad de siembra normal de 100 kg/ha (10 g/m²), o sea 200 semillas viables/m², las 400 espigas podrían

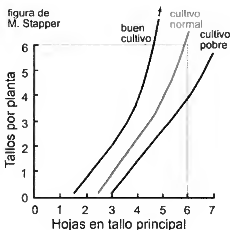
proceder de plantas con un tallo principal más un macollo. Pero, en general, los tallos principales tienen pocas hojas por lo que no capturan suficiente radiación solar como para producir un buen cultivo (pág. 31). Usando sus tallos, una planta puede producir rápidamente muchas hojas las cuales a su vez capturan la radiación necesaria para un rápido desarrollo del cultivo.

Las plantas de trigo pueden producir un tallo en la axila de cada hoja (dibujos en la pág. 10); la yema situada en la axila está pronta para desarrollarse muy pronto después de que la hoja que la rodea esté totalmente expandida. El primer macollo por lo general aparece en la axila de la hoja 1 cuando hay 2,5 hojas en el tallo principal.

Los macollos pueden faltar dentro de la secuencia normal del desarrollo. Si el agua o el nitrógeno son factores restrictivos en el momento en que la yema está pronta para desarrollarse o si la luz es muy débil, entonces no crecerá y no será utilizada por la planta. La posición de los macollos que faltan indica cuando ocurrió el problema.

Cuando el tallo principal llega al estado Z3.0 aún aparecerán unos pocos macollos más llegando al número máximo de macollos por unidad de superficie (figura pág. 9). Si las condiciones del cultivo hasta ese momento han sido pobres el número de macollos será bajo.

Las condiciones de crecimiento después de Z3.0 determinan cuántos tallos o macollos sobrevivirán para producir espigas. Aún haciendo correctamente todas las operaciones de manejo del cultivo, algunos macollos morirán. Con un mal manejo del cultivo serán muchos más los macollos que mueran sin espigar. Una menor supervivencia de macollos significa menor radiación solar interceptada durante el importante período anterior a la antesis; esto lleva directamente a tener menos espigas y menos granos.



Cuente las hojas de los tallos principales y controle en esta figura si las plantas tienen los macollos correspondientes a un buen cultivo

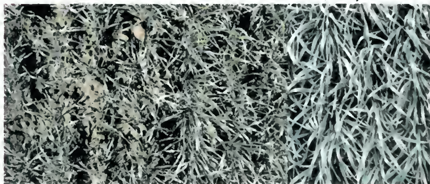
¿Está el cultivo produciendo suficientes macollos y espigas?

☹ Durante el macollaje, arrancar y observar algunas plantas. ¿Cuántas hojas hay en el tallo principal y cuántos macollos tiene? Confrontar el dato anterior para ver como clasificar el cultivo. Por ejemplo, si las plantas tienen 3,5 hojas por tallo principal y no tienen macollos, el cultivo es pobre. Si las plantas tienen tres macollos, el cultivo es bueno. ¿Indican las notas de campo que el número de macollos está aumentando? El número de macollos por hojas del tallo principal indican si el cultivo tiene problemas que deben ser solucionados.

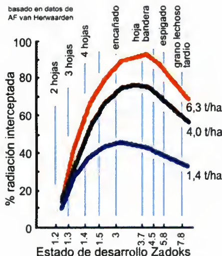
☹ Cuando la hoja bandera ha emergido, controlar el número de espigas tal como se describe en la pág. 14. ¿Hay las 400 espigas/m^2 necesarias para cosechar 4 t/ha de grano (80-100 espigas/m de hilera si se usa una distancia entre hileras de 18 cm)?

☹ A medida que el cultivo crece, estimar el porcentaje de suelo cubierto por el mismo (método en pág. 15) o medirlo con un medidor de radiación interceptada. Ambas cifras son similares y prácticamente intercambiables. Comparar la cobertura del suelo, es decir, la radiación interceptada por el cultivo, con la de la gráfica en la página 50 para el mismo estado de Zadoks. Si se espera un rendimiento de más de 4 t/ha el cultivo debería cubrir cerca del 80 por ciento del suelo cuando ocurra la elongación del tallo (Z3.0 o encañado). En el caso de rendimientos aún más altos, el suelo casi no se debería ver en el momento de la aparición de la hoja bandera (Z3.7). Un cultivo como este se observa en la parte de la derecha de la fotografía debajo. Toda la luz es capturada y utilizada por el cultivo para su crecimiento. Los tres cultivos en la fotografía fueron sembrados en el mismo lugar pero con diferentes dosis de nitrógeno aplicadas en la siembra (0, 80 y 240 kg/ha). El nitrógeno favoreció el desarrollo foliar con el consiguiente aumento de la radiación interceptada y el rendimiento aumentó proporcionalmente.

Cobertura del suelo en tres cultivos estimada en 25%, 45% y 90%



AF van Herwaarden



Mayor superficie de suelo cubierta en cada fase Zadoks significa una mayor radiación interceptada y un mayor rendimiento. Compare la cobertura del suelo por el cultivo con la de estos tres cultivos que rindieron 1,4, 4,0 y un máximo de 6,3 t/ha.

Causas de una baja población de macollos y de espigas

- Las semillas se sembraron demasiado profundas. Si faltan el primer o segundo macollo y la sección debajo de la corona es muy larga, es muy probable que esta sea la causa (comparar las fotos de plantas sembradas superficialmente o profundas en la pág. 44).
- La incorporación de fertilizantes básicos no fue la más adecuada para estimular el macollaje. Controlar cuanto nitrógeno se usó y cuando se añadió. Arrancar algunas plantas y evaluar si faltan algunos macollos en la secuencia normal del macollaje a pesar de haber sembrado a una profundidad correcta. La falta de un macollo indica que el problema ocurrió cuando el macollo estaba pronto para crecer.
- La muerte de los macollos ha dado lugar a un bajo número de espigas. ¿Se proporcionó nitrógeno en el estado del nudo 1 (Z3.0)? Contar el número de espigas (pág. 14) y compararlo con los recuentos anteriores de macollos. ¿Cuántos macollos abortaron?
- El riego ¿fue adecuado (pág. 70) durante el macollaje? Las anotaciones referentes a marchitez (ver p 16) ¿llegaron a 1 o fueron menores de 1 en el momento de los riegos? Determinar otra vez cuándo ocurrió el problema observando y anotando cuántos macollos faltan o están débiles.
- En las etapas iniciales del macollaje el cultivo se inundó y además las temperaturas fueron altas. Dos o más días de inundación matan los macollos si las temperaturas exceden los 30°C.

- La radiación solar fue baja y la temperatura alta. ¿Hubo durante el macollaje varios días de tiempo muy nublado o con niebla?
- Los barrenadores del tallo o la pudrición de la raíz (pág. 85) que reducen el área verde, han reducido el macollaje.
- Se usó una variedad con poco potencial genético para el macollaje.
- La densidad de siembra fue excesivamente alta.
- La siembra fue tardía, con temperaturas en rápido aumento y con días largos. Esto causó una aceleración del cultivo y un rápido espigado (ver explicaciones en pág. 90) sin dejar tiempo para el macollaje (ver fotografía pág. 64).

¿Qué se puede hacer para aumentar el número de macollos y espigas?

- ☺ Plantar tan superficialmente como sea posible (ver pág. 44) usando la densidad de siembra recomendada (pág. 45) para esa región.
- ☺ Seguir las recomendaciones de aplicación de nitrógeno y otros fertilizantes para optimizar la producción y la supervivencia de macollos y posterior transformación en espigas (ver gráfica anterior, pág. 50 que ilustra el efecto de tres niveles de nitrógeno aplicados en la siembra sobre la cobertura del suelo y el rendimiento). Considerar la posibilidad de hacer aplicaciones fraccionadas y localizadas del nitrógeno (en bandas) en lugar de su distribución al voleo.
- ☺ Si el agua para riego es limitada, aplicarla por lo menos en la iniciación de la corona de las raíces (Z1.2-Z1.3), alrededor de 21 a 30 días después de la siembra en las regiones cálidas.
- ☺ Aplicar el riego según las frecuencias recomendadas localmente y siempre que el cultivo llegue a una marchitez de 1 (pág. 16).
- ☺ Reducir el daño por inundaciones siguiendo las recomendaciones en pág. 75.
- ☺ Mantener las plagas y las enfermedades bajo control (pág. 79).
- ☺ Elegir la variedad adecuada que no llegue al espigado muy rápidamente.

La cubierta del cultivo: hojas verdes después del espigado

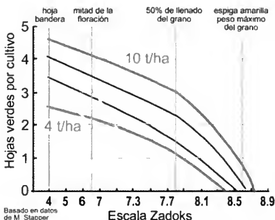
El cultivo llena los granos usando carbohidratos de dos fuentes: aquellos producidos en ese momento gracias a la fotosíntesis en las hojas verdes (pág. 90) o aquellos almacenados en los tallos. Con el material almacenado sólo se puede obtener un rendimiento de grano de menos de 1 t/ha; para obtener rendimientos más altos se necesita mantener varias hojas verdes y un crecimiento activo de cada tallo.

Los granos en desarrollo necesitan nitrógeno y también carbohidratos. Después de la antesis la planta extrae poco nitrógeno del suelo, por lo que los granos en desarrollo (que crecen sólo después de la antesis) tienen que obtener casi todo su nitrógeno del que está almacenado en la planta. Una fuente importante del mismo son las hojas verdes.

La principal razón por la cual las hojas pierden su color verde y mueren es porque pierden el nitrógeno que es redistribuido a los granos. Cuanto menor sea la cantidad de nitrógeno almacenado, más rápidamente morirán las hojas. La cantidad de nitrógeno que ha sido almacenado depende de cuanto había disponible en el suelo antes de la antesis y de las prácticas de manejo del cultivo.

La gráfica indica cuantas hojas verdes debería tener cada tallo, en cada estado del desarrollo del grano, para llegar a producciones entre 4 y 10 t/ha. Cualquier enfermedad,

El rendimiento será mayor si hay más hojas verdes en los tallos durante el desarrollo del grano. Las enfermedades que reducen las hojas verdes rápidamente reducirán los rendimientos.



tal como la roya o el tizón de la hoja (pág. 83), que reduzca el número de hojas verdes y el área verde de las hojas en ese momento, también reducirá los rendimientos. Las hojas de campo (pág. 20) tienen una columna para anotar el número de hojas verdes.

El cultivo, ¿tiene suficientes hojas verdes después del espigado?

☹ Contar cuantas hojas verdes hay en los macollos normales y anotarlo en la columna correspondiente de las hojas de campo. Compararlo con la gráfica para estimar el rendimiento que puede conseguirse. Por ejemplo, si los macollos tienen tres hojas verdes en el momento de la mitad de la floración, el rendimiento esperado es 6 t/ha. Si el cultivo tiene una o menos hojas verdes, el rendimiento será muy pobre. El cultivo habrá estado limitado por el nitrógeno, las condiciones del suelo, las enfermedades o la falta o el exceso de agua.

☹ Las hojas superiores, ¿han perdido el color verde? ¿Son esos síntomas causados por enfermedades foliares (pág. 83) o por una mala nutrición (pág. 58)? Contar el número de hojas verdes en los tallos normales (pág. 15) y observar si están enfermas. A partir de estos datos estimar el impacto de la enfermedad sobre el rendimiento. La cifra muestra cuan rápidamente la enfermedad puede reducir el rendimiento potencial.

En suelos pobres en nutrientes, el nitrógeno no fue aplicado en el estado del primer nudo (Z3.0) o después.

El cultivo necesita agua o está inundado.

Las enfermedades foliares, la pudrición de la raíz o los ataques de insectos han causado la muerte de las hojas.

Asegurarse de tener siempre suficientes hojas verdes

☺ Añadir nitrógeno al suelo. Si el nitrógeno se pierde rápidamente por lixiviación como en un suelo franco arenoso (pág. 17), fraccionar las aplicaciones en dos, entre el momento de la siembra y al aparecer el primer nudo.

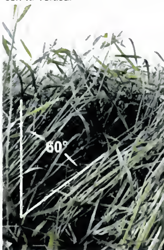
☺ Asegurarse que se riegue en los intervalos calculados o recomendados (pág. 70) y según el índice de marchitez (pág. 17).

☺ Controlar las plagas y enfermedades: en la próxima siembra usar una variedad resistente a las enfermedades.

Encamado

El encamado ocurre cuando el cultivo no se mantiene erecto. Un cultivo normal está en posición vertical pero puede que algún elemento rompa ese equilibrio causando su vuelco: vientos fuertes, lluvias intensas, suelo muy húmedo al final del período de llenado del grano, tallos altos y finos que se doblan fácilmente, pudriciones de las raíces que debilitan la base de la planta. La peor combinación es la de fuertes vientos asociados con un exceso de agua.

Encamado en trigo. Algunos tallos forman un ángulo de cerca de 60° con la vertical



HM Rawson

El encamado destruye la estructura de la parte aérea del cultivo. La radiación solar ya no es interceptada en forma eficiente como sería cuando la luz intensa llega a las hojas jóvenes superiores y la luz más pobre a las hojas viejas. Las espigas en la parte más baja del cultivo quedan tapadas en un ambiente enmarañado y el cultivo se hace más susceptible a plagas y enfermedades.

Durante las primeras etapas del encañado, el encamado tiene relativamente poco efecto sobre el rendimiento ya que el cultivo se puede enderezar retomando la estructura de la cubierta. Los nudos del tallo alteran el ángulo de la extensión haciendo que el tallo crezca nuevamente en forma vertical (ver los nudos en el centro de la fotografía superior).

Después de la antesis los efectos del encamado pueden ser importantes. Por cada día que el cultivo está volcado el rendimiento puede reducirse más del 1 por ciento (Stapper y Fischer, 1990b). Por lo tanto, los cultivos severamente encamados después de la antesis y que no se recuperan, pueden producir menos de la mitad del rendimiento de un cultivo similar no encamado.

Cualquier grado de encamado hace además que la cosecha sea más difícil aumentando la probabilidad de perder grano durante la misma.

¿Está el cultivo encamado?

- ¿Qué porcentaje del cultivo está encamado?, ¿10 por ciento, 50 por ciento, todo el cultivo?
- El encamado, ¿ocurrió temprano o tarde? Probablemente se pueda deducir basándose en el momento en que los tallos retomaron una posición erecta. La pérdida de rendimiento debería ser menor si el vuelco ocurrió durante las primeras etapas del encañado.

Buscar cuidadosamente síntomas de enfermedades en los tallos. ¿Tienen los entrenudos más bajos un color marrón claro con necrosis en forma de ojo? En caso positivo, se trata de la pudrición de la raíz en forma de ojo (*Pseudocercosporella herpotrichoides*), que eventualmente produce la pudrición a través del tallo.

Apreciar en cada zona con encamado la media del ángulo de vuelco. En otras palabras, cuánto se han separado los tallos de la vertical. En la fotografía (pág. 54), los tallos más volcados han caído cerca de 60° de la vertical. Para calcular el valor medio del encamado para el cultivo hay que dividir el ángulo de vuelco entre 90 (p. ej. 60°/90), y multiplicar por la estimación del área del cultivo afectada (p. ej. 10%=10/100). Multiplicar este valor medio de encamado por el número de días que ha estado encamado el cultivo para conocer la duración del encamado. Los rendimientos caen 1 por ciento por cada dos unidades de duración de encamado en el estado de grano lechoso.

¿Por qué se ha encamado el cultivo?

- Hubo fuertes vientos y lluvias después de que comenzó la extensión del tallo o hubo viento cuando se regó durante el llenado del grano.
- Se aplicó nitrógeno en exceso dando lugar a un crecimiento exuberante de la parte aérea de las plantas resultando así muy pesadas. Averiguar si los cultivos de otros agricultores han tenido problemas parecidos con otras variedades diferentes.
- Se usó una variedad alta, no mejorada e inadecuada para un alto nivel de fertilización nitrogenada.
- La mancha en ojo, las podredumbres de la raíz o de la corona (pág. 85) debilitaron el tallo o la base de la planta.
- Hubo una baja disponibilidad de potasio.
- La densidad de siembra fue muy alta, reduciendo el macollaje y dando lugar a tallos débiles.
- La maquinaria o los animales causaron daños físicos al cultivo.

¿Qué se puede hacer para evitar el encamado?

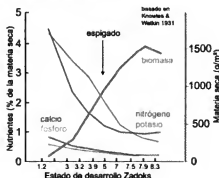
No regar cuando se pronostican vientos, particularmente si se espera que sean muy fuertes. Regar a última hora del día cuando los vientos tienden a disminuir o por la mañana temprano si esa es la parte más calma del día. La pérdida de rendimiento asociada con un encamado generalizado del cultivo es mayor que la debida a un día con estrés hídrico.

- ☺ Evitar humedecer el suelo en exceso durante la parte final del llenado del grano.
- ☺ Cambiar a una variedad más baja si la región es propensa a vientos o lluvias fuertes durante las últimas etapas del crecimiento.
- ☺ Reducir los aportes de nitrógeno en las variedades altas, no mejoradas, sobre todo las aportes tardíos. Fraccionar el aporte de nitrógeno en la siembra y en el primer nudo (Z3.1).
- ☺ Reducir la densidad de siembra (ver pág. 47) o la profundidad de siembra para favorecer el macollaje temprano y la producción de raíces de la corona. Esto puede resultar en plantas con una base más fuerte.
- ☺ Controlar las enfermedades de la corona y de las raíces usando prácticas agronómicas apropiadas y tratando las semillas (pág. 83). Tratar en la etapa Z3.0 si se observan síntomas de mancha en forma de ojo.
- ☺ Usar un fertilizante potásico.
- ☺ Adoptar el sistema de siembra en camas. El riego en este sistema no moja el suelo alrededor de la base de la planta tanto como el riego por inundación.
- ☺ Controlar los cercos para asegurarse que los animales permanezcan fuera del cultivo y usar la maquinaria cuidadosamente.

Nutrición mineral

Para un buen crecimiento el trigo necesita muchos nutrientes, sobre todo macroelementos: oxígeno (O; cerca del 48 % de la materia seca), carbono (C; 42 %), hidrógeno (H; 6%), nitrógeno (N; 2 %), potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). Estos elementos se van acumulando en el cultivo a lo largo de su crecimiento, sin embargo, sus concentraciones se reducen (ver figura) a medida que el cultivo tiene más tejidos viejos. Estos tejidos viejos tienen concentraciones de nutrientes más bajas que los tejidos jóvenes. El trigo también necesita pequeñas cantidades de microelementos como hierro, manganeso, boro, zinc, cobre, sodio, molibdeno, cloro, cobalto y sílice. Aparte de los tres primeros elementos (O, C y H), que provienen del aire y el

La concentración de nutrientes declina en el cultivo a medida que éste se desarrolla y acumula tejidos viejos



agua, los restantes 16 elementos pueden ser manejados, en cierta medida, por tratamientos del suelo o del cultivo.

Las recomendaciones para los aportes de N, P y K difieren ampliamente con el tipo y la fertilidad del suelo y el uso esperado del fertilizante por el cultivo. Un cultivo de ciclo corto puede no tener el tiempo suficiente para aprovechar el fertilizante como un cultivo de ciclo largo. El programa de fertilización que se siga debe estar basado en la práctica local, en el rendimiento deseado y en la rotación de cultivos. Las variedades más grandes necesitan más fertilizante (ver discusión y gráfico en pág. 50). Sin embargo, es necesario ser precavidos ya que un exceso de nitrógeno puede dar lugar a la contaminación de aguas y al encamado (pág. 56). Si el nitrógeno es un factor restrictivo, el rendimiento y probablemente el contenido de proteína del grano se reducirán. En general, la proteína del grano aumentará si se añade nitrógeno una vez que hayan emergido las espigas.

Como regla general, se puede decir que un cultivo de 7 t/ha toma de la tierra, 150-190 kg de nitrógeno, 25-35 kg de fósforo y 45-60 kg de potasio. Estos nutrientes deben ser restituidos al suelo después de un cultivo para evitar el agotamiento de las reservas. Calcular las cantidades aproximadas de nutrientes tomadas por un cultivo teórico. Por ejemplo, para un rendimiento de 4 t/ha, se perderán cerca de 150 x 4/7 N (85 kg N).

Cuando las plantas no reciben suficientes nutrientes como para satisfacer sus requerimientos o si los reciben en exceso, su crecimiento será pobre; si el desajuste es importante, entonces aparecerán los síntomas correspondientes al problema. En general, los síntomas originados por la mayoría de las deficiencias o toxicidades se observan mejor en las hojas.

Si los nutrientes del suelo son progresivamente esquilmados por el cultivo y el nutriente no puede ser traslocado de las hojas viejas a las nuevas, los síntomas serán más aparentes en las hojas nuevas. Por otro lado, si el nutriente tiene movilidad dentro de la planta, esta lo extraerá de las hojas viejas para ser usado en las nuevas; los síntomas aparecerán en las hojas viejas. Es necesario hacer una consideración especial con el boro ya que no muestra síntomas importantes en las hojas; su deficiencia es aparente sólo en el momento de la antesis cuando aparecen las florecillas estériles.

Es necesario también tener la precaución de no confundir los síntomas de estas deficiencias con síntomas similares debidos a enfermedades. Si la causa es nutricional, los síntomas ocurrirán en zonas grandes del campo. Si la causa es una enfermedad, es probable que los síntomas aparezcan en plantas aisladas o en rodales.

Primeramente se debe controlar si los síntomas están en las hojas viejas o en las jóvenes y entonces usar la carta apropiada de flujo y fotografías (hojas viejas pág. 60, hojas jóvenes pág. 62) para hacer una primera identificación del problema (las listas de control y las fotografías están basadas en Grundon, 1987).

¿Es la nutrición mineral un problema?

☹ Recorrer el cultivo en diferentes estados de crecimiento. Buscar zonas grandes del cultivo con plantas de desarrollo pobre y coloración pálida. Fijarse cuidadosamente y decidir si las hojas viejas están más afectadas que las jóvenes.

[illegible]

- El suelo tiene una historia de cultivos intensos con un insuficiente reemplazo de los nutrientes, o sea que no se aportaron suficientes fertilizantes. Controlar la historia de los cultivos y los aportes de fertilizantes del año corriente y de los años anteriores. Estimar si los nutrientes están siendo restrictivos a partir de las diferencias entre los nutrientes extraídos con las cosechas y los fertilizantes añadidos.
- El suelo tiene un bajo contenido de materia orgánica (o se aportaron fertilizantes en cantidad insuficiente).
- Se aportó fertilizante pero fue lixiviado a causa de fuertes lluvias o exceso de riego, escorrentía o volatilización. El fertilizante se perdió por la competencia de las malezas o por un cultivo intercalado.
- El fertilizante se aportó cuando el cultivo no lo podía aprovechar en forma óptima. ¿En qué estado estaba el cultivo (pág. 6) cuando se añadió el fertilizante? ¿qué tipo y cantidad de fertilizante: en bandas o al voleo?
- El pH del suelo es tal que algunos nutrientes quedaron indisponibles (pág. 32). Hacer un análisis de pH del suelo. Si es menor que 5,5 puede haber deficiencia de magnesio y el fósforo puede no estar disponible. Si el pH es mayor que 8, podría haber deficiencias de zinc, hierro, cobre y boro. Comparar con las evaluaciones hechas previamente y ayúdese con las fotografías clave.
- El cultivo se inundó a causa de fuertes lluvias, exceso de riego o mal drenaje del suelo. Controlar los síntomas de daño por inundación (pág. 74), el tipo de suelo (pág. 17) y analizar cuanta agua, y cuando, se aportó por las lluvias y los riegos.
- Los residuos de maíz o trigo se usaron como cubierta vegetal o se incorporaron grandes cantidades de residuos. Algunos informes sugieren que el nitrato se puede perder en caso de altas temperaturas.
- El suelo es salino (ver pág. 35).
- Controlar la profundidad del suelo (pág. 18) para identificar el piso de arado u otra restricción que pudiera limitar el crecimiento de las raíces.

¿Qué hacer acerca de los problemas con los nutrientes?

☺ Antes de sembrar, hacer un análisis del suelo para controlar las deficiencias de zinc, fósforo o potasio, especialmente si el último cultivo tuvo deficiencias de

estos elementos. El nitrógeno se controla mejor durante el desarrollo del cultivo usando análisis de tejidos.

☺ El fósforo no tiene movilidad en el suelo, por lo que se debe agregar en el momento de la siembra. Si el trigo sigue a un cultivo de arroz, probablemente se necesite fósforo. Tener en cuenta que el fosfato diamónico, así como otros agroquímicos, pueden dañar la semilla si se los coloca en contacto con la misma.

☺ Aumentar las dosis de fertilizantes que contengan el nutriente limitante. Considerar la aplicación de fertilizantes foliares en el caso en que sea necesaria una respuesta rápida si bien sus efectos son de corta duración; por ejemplo, para el nitrógeno usar urea, para el manganeso usar sulfato de manganeso, para el hierro usar sales inorgánicas o quelatos y para el cobre usar sulfato de cobre.

☺ Considerar el aporte de estiércol, si estuviera disponible, ya que contiene la mayor parte de los micro- y macroelementos necesarios e incorporar los restos del cultivo anterior para aumentar el nivel de la materia orgánica y mejorar la aireación del suelo. Esos residuos contienen una buena cantidad de potasio que puede ser un limitante en los suelos ácidos. Alternativamente, cultivar e incorporar un abono verde antes de la próxima siembra para aumentar el contenido de materia orgánica del suelo.

☺ Cambiar el método y/o el momento de aplicación del fertilizante para que haya menos posibilidades de pérdida por escorrentía, lixiviación o volatilización. Se puede perder cerca del 65 por ciento del nitrógeno aplicado en el momento de la siembra, pero las pérdidas se reducen al 35 por ciento si se aplica en la etapa del primer nudo (Z3.1, pág. 10) (Sayre y Moreno Ramos, 1997). Como norma, es mejor hacer los aportes de nitrógeno en la siembra y en el primer nudo. El fertilizante en cobertera se debería aplicar inmediatamente antes de los riegos o de las lluvias para ayudar a su infiltración.

☺ Mejorar el drenaje. Considerar el uso de camas en la próxima estación para tener un mejor drenaje y hacer un uso más eficiente del agua (pág. 94).

☺ Eliminar las malezas para que haya más nutrientes disponibles para el cultivo.

☺ En los suelos muy ácidos incrementar el pH del suelo hasta cerca de 6 (pág. 32) antes de la próxima siembra, por medio del agregado de cal, piedra de cal o dolomita pero cuidando de no excederse para evitar deficiencias de potasio, magnesio, hierro, manganeso, boro, zinc o cobre (pág. 58).

☺ Añadir microelementos si se observan síntomas de deficiencias en las plantas y si las medidas del pH (pág. 32) sugieren que son factores restrictivos. Si el suelo fuera deficiente en azufre, usar un fertilizante con ese elemento en el momento de la siembra.

síntomas en hojas completamente expandidas y viejas

¿comienzan los síntomas en la punta de las hojas y se difunden hacia la base?

sí



no

¿se extienden los efectos a partir del centro de la hoja?



sí

¿tiene la planta un color verde pálido con pocos macollos y tallos finos?

¿están las hojas viejas amarillentas o marrón claro?

deficiencia de nitrógeno

¿tiene la planta un color verde pálido, tamaño pequeño y aspecto débil?

¿son los bordes de las hojas emarillo brillante?

deficiencia de potasio

¿tiene la planta un color verde oscuro con algunas partes rojizas?
¿son pequeños los tallos, raíces y hojas?
¿están las hojas viejas amarillas?

deficiencia de fósforo

¿tiene la planta un color apagado, está débil o marchita con pocos macollos y muchas hojas viejas muertas por desecación?

toxicidad por sales

¿tiene la planta un color verde pálido con clorosis amarilla entre la nervadura y zonas muertas marrones en las hojas viejas?

deficiencia de magnesio

¿la planta es de color verde pero está raquítica?

¿tiene zonas necrosadas que se expanden entre los nervios?

deficiencia de zinc

suelo probable-mente ácido



Adaptado de NJ Grundon

síntomas en hojas nuevas en expansión o recientemente expandidas

¿son las hojas jóvenes de color verde claro, amarillentas o blanquecinas?

no

Las hojas son de color verde oscuro ¿está la punta de la hoja pálida o blanquecina y quebradiza en la zona de unión con la parte verde?

sí

deficiencia de calcio

¿están los síntomas extendidos por toda la hoja?

no

sí

los síntomas están localizados en las hojas; son comunes las partes muertas

sí

¿está la nervadura muy marcada y verde, al menos durante los primeros estados?

deficiencia de hierro

¿tiene la planta un aspecto débil? ¿las hojas jóvenes mueren antes de emerger completamente? ¿tienen las hojas viejas puntos blanquecinos?

deficiencia de magnesio

la nervadura no ha estado nunca muy marcada, ni siquiera en los primeros estados, ¿se observan escasas zonas muertas en la hoja?

deficiencia de azufre

¿las puntas de las hojas se marchitaron, amarillearon y murieron y los bordes están enrollados? ¿son las espigas blancas, sin granos?

deficiencia de cobre



Adaptado de NJ Grundon

Malezas

Las malezas compiten con el cultivo por luz, nutrientes, agua y espacio para las raíces. Algunas malezas pueden dañar el cultivo produciendo sustancias tóxicas u hospedando enfermedades. Las malezas anuales compiten más efectivamente con el trigo durante la etapa de plántula y al principio del macollaje, por lo que este es el momento crítico para su control. Una vez que el cultivo cubre el 50-70 por ciento de la superficie del suelo en el encañado, dominará la mayoría de las malezas que germinan.

Trigo precoz sembrado demasiado tarde para macollar, dominado por malezas de hoja ancha



H GómezMacpherson

Muchos herbicidas selectivos son muy efectivos contra las malezas pero pueden causar algún daño al cultivo, así como también lo pueden hacer los métodos manuales o mecánicos de control. La probabilidad de pérdida de rendimiento a causa del daño químico o mecánico debería ser evaluada frente a la posible pérdida de rendimiento causada por las malezas. Los herbicidas de pre-emergencia causan poco o ningún daño al cultivo y a menudo se obtienen mejores rendimientos que con aplicaciones tardías.

Las malezas pueden ser un problema durante la cosecha: las semillas de malezas pueden contaminar el grano y la materia verde de las malezas de maduración tardía puede contaminar la paja. Los herbicidas y los desecantes pueden ser usados en esta última etapa, pero sólo en situaciones particulares y con gran cuidado.

Trigo completamente dominado por la maleza *Phalaris minor*. Nepal.



KD Subedi

La labranza convencional poco profunda y hecha rápidamente para la preparación del lecho de siembra puede exacerbar el problema de las malezas. Puede romper y difundir los sistemas radiculares de propagación de las malezas perennes y llevar las semillas enterradas de especies anuales a la superficie del suelo donde pueden germinar. Es necesario considerar si la labranza mínima o la labranza cero (siembra directa, pág. 93) pudiera satisfacer en algunos casos los requerimientos del

agricultor. Si hay un problema de malezas perennes bien establecidas (pág. 101), la labranza profunda para cortar y exponer las raíces profundas puede ser un primer paso para su control.

¿Hay demasiadas malezas en el cultivo?

Controlar el cultivo a las 2-3 semanas de la emergencia de las plántulas.

☹ ¿Hay muchas malezas tanto o más grandes que las plantas del cultivo? Cualquier maleza que en esta fase sea de tamaño similar al del cultivo, si no es eliminada, lo dominará muy pronto; interceptará la luz y utilizará agua y nutrientes.

☹ Observar el cultivo en forma general. ¿La cobertura ofrecida por el cultivo es mayor o menor que la cobertura ofrecida por las malezas (pág. 15)? Recordar que la tierra cubierta por las malezas representa recursos no disponibles para el cultivo.

☹ ¿Cuáles son las malezas dominantes en el cultivo? Tratar de identificarlas para estimar su vigor como malezas y definir los métodos de control.

☹ Las plantas de trigo en las áreas con malezas, ¿son más pequeñas o menos desarrolladas que en las zonas limpias del campo? Si es así, las malezas están dominando los recursos.

Causas de la infestación de malezas

- La semilla de trigo estaba contaminada con semillas de malezas. Examinar siempre la semilla antes de sembrarla. Las máquinas usadas para la cosecha y la labranza son una fuente de malezas y deberían limpiarse antes de dejar el campo.
- La escarda manual de las malezas fue ineficaz. Controlar el momento y las frecuencias.
- La aplicación de herbicidas fue ineficaz. Controlar qué herbicida fue usado, su concentración y si llovió o hubo un rocío fuerte durante su aplicación. ¿Se siguieron las recomendaciones indicadas en la etiqueta por el fabricante?
- La monocultura y el uso repetido de los mismos herbicidas llevaron a la aparición en el Sur de Asia de malezas resistentes a los mismos como informan Malik *et al.* (1998).
- Las malezas perennes que se propagan a partir de raíces rotas o de rizomas son difíciles de controlar manualmente. ¿Se usó herbicida?, ¿fue efectivo contra las malezas perennes?
- La siembra se demoró demasiado después de la preparación del lecho de siembra. Controlar en las hojas de campo las fechas de preparación del suelo y de la siembra. ¿Llovió en ese período estimulando la germinación de las malezas? Considerar el uso de labranza mínima (pág. 101) si el tiempo entre dos cultivos consecutivos es escaso.

- Cada especie cultivada tiene su conjunto de prácticas que crean nichos para ciertas malezas. Si la tierra se ha cultivado continuamente con trigo, en el suelo puede haberse formado un banco de semillas de malezas. Dado que algunas de estas semillas pueden permanecer latentes durante muchos años, el problema continuará por cierto tiempo a pesar de los métodos de control.

¿Qué se puede hacer contra las malezas?

☺ Compruebe que las semillas que se siembran no estén contaminadas con semillas de malezas. Use semilla de la mejor calidad posible. Si se está usando semilla propia y en las muestras de ésta se observan semillas de malezas, considere preparar parte del terreno libre de malezas con el único objetivo de producir semillas para sembrar en la próxima estación. Esto, a largo plazo, le ahorrará trabajo.

☺ Un cultivo que emerge rápidamente y es vigoroso y denso dominará la mayor parte de las malezas. Ayude al cultivo preparando un buen lecho de siembra.

☺ Las operaciones de escarda deberían ser próximas al momento de la emergencia de las plántulas; puede ser que el método deba ser modificado. Elimine las malezas cuando son más susceptibles al daño, o sea, cuando son pequeñas.

☺ Si unas pocas malezas escapan el control temprano, elimínelas antes de la floración para evitar la producción de semillas, pero sin dañar el cultivo. Las semillas de malezas maduran muy rápidamente.

☺ Si se usan herbicidas, identifique las malezas antes de elegirlos. Seguir estrictamente las instrucciones en la etiqueta del envase. Una mezcla muy fuerte puede dañar el cultivo. Aplique el herbicida con un pulverizador calibrado. No use el mismo herbicida en años consecutivos.

La escarda manual tardía de las malezas es posible pero difícil



H GomezMacpherson

☺ Compare herbicidas alternativos que pueden ser usados para controlar malezas difíciles. Muchos herbicidas de post-emergencia que son absorbidos por las hojas son más eficientes cuando las malezas están en un estado de crecimiento activo. Trate temprano en la mañana una vez evaporado el rocío; puede ser mejor que tratar en la tarde. En cualquier caso, no hacerlo si llueve o hay amenaza de lluvia.

☺ Si las malezas perennes no pueden ser controladas, aumente la densidad de siembra para obtener una cobertura del suelo más rápidamente y competir con ventajas sobre las malezas. Considere la labranza profunda para controlarlas.

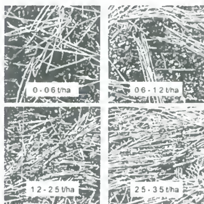
☺ Rote con un cultivo que domine las malezas o deje el campo en barbecho y cultive. La rotación cambia las condiciones a las que están adaptadas las malezas.

☺ Si el cultivo anterior (p. ej. arroz o maíz) dejó residuos libres de enfermedades y si la tierra no contiene muchas malezas, considere la siembra del trigo a través de esos residuos con aperos de labranza mínima (pág. 93). Los residuos ayudarán a suprimir las malezas anuales y el tiempo entre los cultivos será menor.

☺ Si hubiera una maleza resistente a los herbicidas, siembre una variedad o una especie de ciclo más corto que permita dejar 1-2 meses de barbecho entre los cultivos. Durante este período, riegue y después controle las malezas con medios mecánicos o con un herbicida no selectivo. Considere la siembra en camas (pág. 94) ya que permite el control mecánico de las malezas en los surcos entre las camas. Use variedades competitivas.

Residuos de cultivos

En Asia, muchos agricultores usan los residuos de los cultivos para alimentar el ganado o como combustible. Otros los incorporan al suelo con las operaciones de labranza, una vez que los ha aprovechado el ganado y reconvertido en estiércol. La quema de



Felton *et al.*, 1987

Diferentes cantidades de residuos de trigo esparcidos sobre el suelo. Cuando se distribuyen uniformemente, unas 3,5 t/ha de residuos cubren el suelo con una fina capa.

rastrojos es cada vez mas frecuente ya que acorta el período entre los cultivos sucesivos; sin embargo, reduce el contenido de materia orgánica del suelo, contribuye a la degradación y pérdida de las propiedades físicas del suelo y aumenta el riesgo de inundaciones, encostramiento y enfermedades.

El maíz o el arroz pueden dejar rastrojos de hasta 9 t/ha, cubriendo el suelo completamente con una capa de varios centímetros de espesor. Como se aprecia en las fotografías, 3,5 t/ha de residuos cubren finamente el suelo si son esparcidos uniformemente. Hay equipos disponibles para labranza cero y labranza mínima que permiten sembrar a través de capas espesas de residuos y obtener una emergencia de plántulas uniforme. Los atributos positivos de los residuos de cultivos no deben olvidarse. Cuando cubren el suelo conservan su humedad manteniéndolo fresco y libre de costra. También incrementan la actividad microbiana y mantienen o aumentan la población de lombrices, las cuales a su vez favorecen la aireación del suelo. Reducen la erosión hídrica y eólica y pueden ser pastoreados por los animales, si bien en los suelos húmedos esto puede llevar a la compactación del suelo.

Entre los atributos negativos de los residuos se encuentra el posible aumento de la incidencia de enfermedades en los suelos húmedos si el manejo es inadecuado. Las pudriciones de las raíces, tales como las causadas por *Rhizoctonia* (pág. 84) y *Pythium* (pág. 88), pueden ser un problema. Mas aún, si los restos del cultivo anterior tenían muchas malezas, la incidencia de las mismas en el cultivo actual también puede ser importante.

¿Son los residuos del cultivo un problema?

☹ La emergencia de las plántulas, ¿es uniforme dentro de las hileras o faltan plántulas en parte de ellas? En esas zonas, ¿es la cubierta de rastrojos o residuos particularmente espesa?

☹ El cultivo, ¿tiene un color pálido con síntomas de deficiencia de nitrógeno (pág. 60)? Hay informes que indican que los restos de paja, a medida que se descomponen y sobre todo cuando están recién incorporados, pueden inmovilizar el nitrógeno.

☹ ¿Tienen las plántulas mas enfermedades de lo corriente? Desentierre algunas plántulas y observe sus raíces. Si están marrones y raquíticas, remitirse a la sección sobre enfermedades (pág. 81) para identificar el problema.

Causas de los problemas con los residuos

- Quedaron capas de residuos demasiado espesas en algunas zonas del suelo a través de las cuales no pudo pasar el tubo de la sembradora. ¿Qué método se usó para la siembra y para esparcir los residuos del cultivo anterior? ¿Qué espesor tenia la capa de residuos?

- Los residuos tenían enfermedades. ¿Hubo problemas de enfermedades en el cultivo anterior? ¿Estuvo el suelo húmedo durante un período largo en el que las condiciones eran favorables para las enfermedades y para las pudriciones de las raíces causadas por hongos de los géneros *Pythium* y *Rhizoctonia*? Esto se advierte por la presencia de plantas raquíticas y la altura desigual del cultivo, por un pobre macollaje y número de hojas (pág. 48) y por las hojas amarillas.
- La maquinaria para la siembra no era la adecuada. ¿Se bloqueó frecuentemente?

Buen manejo de los residuos

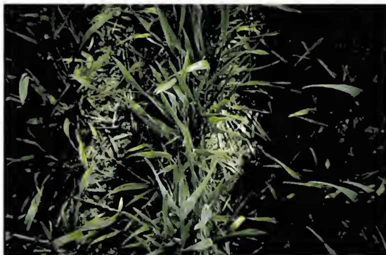
☺ Quitar todos los residuos que excedan las 4 t/ha, dejando lo suficiente para una cubierta uniforme del suelo. El exceso de residuos puede ser usado para estabilizar surcos o para el control general de la erosión así como para alimento animal o como combustible.

☺ Usar maquinaria que pueda sembrar a través de capas de residuos espesas de más de 4 t/ha.

☺ Si las enfermedades causaron problemas en el cultivo anterior, incorporar los residuos con gran anticipación a la siembra para permitir su total descomposición o eliminar los residuos; en casos extremos, quemarlos en el lugar.

☺ Incluir en la rotación un cultivo que rompa el ciclo de la enfermedad.

Un cultivo sembrado directamente sobre los residuos del cultivo anterior de arroz. Pakistán.



H GómezMacpherson

Momento del riego y estrés hídrico

El estrés hídrico no debería ser un problema si se riega siguiendo los intervalos recomendados en la zona y se controla con frecuencia el estado hídrico del cultivo usando la tabla de marchitez (pág. 18). Aunque la frecuencia del riego y la cantidad de agua dependerán de numerosos factores, hay cuatro momentos clave, además de la siembra, en los que el agua no debería ser un factor restrictivo. Estos momentos son: la iniciación de las raíces de la corona cuando se inicia el macollaje (Z2.1 a Z2.2), el encañado (Z3.0), la antesis (Z5.0) y el estado de grano lechoso (Z7.0). De estas cuatro etapas, el macollaje y la antesis son las más sensibles al estrés hídrico.

¿Es un problema el estrés hídrico?

Un cultivo con estrés hídrico rápidamente pierde potencial de rendimiento. Cuando un cultivo joven tiene poca agua su primera reacción es conservarla cerrando los estomas (pág. 99). Los estomas son pequeños poros en las superficies verdes que permiten la salida del vapor de agua y la entrada de bióxido de carbono. Sin bióxido de carbono, la fotosíntesis (pág. 100) se interrumpe dejando la planta sin azúcares disponibles para el crecimiento y, por lo tanto, este se detiene. El primer efecto de la falta de agua sobre el crecimiento es que la expansión de las hojas se detiene. Las yemas que están prontas para crecer desarrollándose en macollos, permanecen latentes. Por lo general, el tallo principal continúa su desarrollo. Si la falta de agua continua, el cultivo eventualmente no producirá todas las hojas, macollos y espigas que debería y, por tanto, tendrá una cubierta foliar pobre con pocas espigas, pocos granos y bajo rendimiento.

Si el estrés hídrico ocurre después de la antesis, los granos se verán afectados ya que en ese momento son la parte de la planta que está creciendo. Los estomas se cierran, las hojas se enrollan, mueren primero las hojas mas viejas y después las mas jóvenes y la planta acelera el movimiento de las reservas almacenadas hacia los granos para llenarlos tanto como sea posible antes de morir. La consecuencia del estrés post-antesis, durante el estado lechoso, es que los granos quedan arrugados y pequeños.

Estimación de la humedad del suelo disponible para el cultivo

En un determinado momento, se pueden estimar cuántos días faltan para que el agua sea un factor limitante si no se riega o no llueve. Si ya se ha usado cerca del 50 por ciento del agua que puede almacenar el suelo, probablemente el cultivo estará ya estresado y el rendimiento potencial comenzará a declinar. Para hacer los cálculos es necesario usar el contenido de humedad del suelo (pág. 16) según la clase de textura correspondiente (pág. 18) y los datos climatológicos. El método siguiente, en tres pasos, ha sido adaptado de Lafitte (1994).

◆ **Paso 1**. ¿Cuánta agua usa cada día el cultivo no estresado?

uso diario de agua por el cultivo (mm)	=	demanda evaporativa (de Tabla 1)	x	coeficiente de cultivo (de Tabla 2)

El resultado obtenido en el Paso 1 es, aproximadamente, la cantidad de agua que será necesario añadir para reemplazar las pérdidas del día.

La demanda evaporativa en mm/día (evapotranspiración) puede tomarse de la Tabla 1 o de los datos climáticos o de un tanque evaporímetro cercano (pág. 99).

Table 1. Valores de evapotranspiración para distintos ambientes (mm/día)

mm de evaporaciónn	Temperatura media diaria(°C)*		
por día en:	10-16	17-23	24-30
Trópico húmedo	3-4	4-5	5-6
Trópico subhúmedo	3-5	5-6	7-8
Trópico semiárido	4-5	6-7	8-9
Trópico árido	4-5	7-8	9-10

De FAO *Irrigation and Drainage Paper 24*

* Usar el valor mas alto de cada par si el área alrededor del cultivo no tiene vegetación verde

Tabla 2. Coeficientes de evapotranspiración para cultivos con 80-90% de cobertura del suelo en el espigado. Reducir los coeficientes para aquellos con menor cobertura*

Etapa de crecimiento	escala Zadoks	coeficiente de cultivo	cobertura del suelo
Crecimiento vegetativo temprano	Z1.0 - Z1.3	0,3	10-30%
Macollaje	Z1.3 - Z3.0	0,8	30-80%
Encañado	Z3.0 - Z6.8	1,0	70-100%
Llenado del grano	Z6.8 - Z8.7	0,5	50-20%

* Ver página 15 para información sobre cobertura del suelo

Coeficientes según Wright, 1981

◆ **Paso 2.** ¿Cuánta agua está disponible en el suelo para ser usada por el cultivo antes de que comience el estrés? (Hacer los cálculos para la profundidad de raíces del cultivo en ese momento, pág. 18)

agua disponible = **mm de humedad en el suelo en el momento actual (ver tabla pág. 18)** **menos** **mm de humedad en el suelo cuando el 50% de la humedad del suelo está disponbile (es decir, el 50% de capacidad de campo, tabla pág. 18)**

◆ **Paso 3.** ¿Cuántos días puede crecer el cultivo sin riego o sin una lluvia significativa antes de sufrir estrés?

$$\text{número de días antes del estrés} = \frac{\text{mm de agua disponible en el suelo (del Paso 2)}}{\text{mm de agua que el cultivo usa por día (del Paso 1)}}$$

Este cálculo es sencillo y a fin de familiarizarse con el mismo a continuación se presenta un ejemplo. Supóngase un cultivo que está espigando y que crece en un suelo arcillo-limoso en el trópico semiárido donde la temperatura media es de 20°C.

De acuerdo a la Tabla 1 la evapotranspiración en ese ambiente es de 7 mm de agua por día. Dado que el cultivo está en espigado (Z3.0-Z6.8) tiene un coeficiente de cultivo de 1,0 (Tabla 2, columna 3) por lo que pierde 7 mm agua por día (7 mm x 1,0 del Paso 1).

El suelo es arcillo-limoso (pág. 17) porque forma una bola cuando se aprieta en la mano pero que se rompe fácilmente. De acuerdo a esta descripción en la tabla (pág. 18) el suelo contiene 110 mm de agua; asumiendo que las raíces del cultivo llegan a 1 m de profundidad, esos 110 mm de agua estarán disponibles para el uso por el cultivo (pág. 18).

La tabla en la página 18 también muestra que con 50 por ciento de humedad, cuando comienza el estrés, el suelo tendrá 80 mm de agua disponible, por lo que el cultivo puede usar aún 110-80=30 mm antes de comenzar el estrés. Por lo tanto, considerando los 7 mm de pérdida de agua por día calculados antes, no será necesario regar hasta dentro de cuatro días (30/7 días).

¿Le falta agua al cultivo?

☹ ¿Es el índice de marchitez mayor que 1? Un índice igual a 1 significa que el potencial de rendimiento no se reducirá si se aplica agua en ese día (ver pág. 17). Índices mas altos significan que el rendimiento potencial ya se está reduciendo debido a la falta de agua.

☹ Contar el número de macollos y el número de hojas del tallo principal en plantas estándar tal como se describe en las hojas de campo. Los dibujos de las fases Zadoks (pág. 10) ayudarán a identificar los macollos y las hojas de los tallos principales. ¿Corresponde el número de macollos al número de hojas en el tallo principal de acuerdo al gráfico en la pág. 47? Pocos macollos indican que los riegos han sido muy espaciados.

☹ Después del espigado (Z5.0), ¿es el número de hojas verdes tan alto como el esperado? La relación para un cultivo de alto rendimiento se encuentra en la página 52. Un cultivo con estrés pierde hojas muy rápidamente durante el llenado del grano.

☹ En un día soleado, ¿están las hojas calientes? Las hojas que no están estresadas transpiran rápidamente cuando el sol brilla (pág. 101) y, en los días cálidos, se enfrían por debajo de la temperatura del aire. Las hojas estresadas cierran sus estomas (pág. 99), detienen la transpiración y se calientan.

Causas de la falta de agua

- Los riegos se dieron demasiado espaciados para la capacidad de retención de agua del suelo (pág. 18) y la demanda del cultivo.
- Se sobrestimó la cantidad útil de la lluvia caída a causa de una medición incorrecta o de la escorrentía.
- El crecimiento de las raíces puede estar limitado a una parte del perfil del suelo por el piso de arado o por un suelo poco profundo y compactado (pág. 18).
- Las raíces pueden estar atacadas por alguna pudrición que limita la absorción del agua (pág. 85).
- El suelo o el agua de riego pueden ser salinos limitando la absorción de agua por parte del cultivo (pág. 35).
- El suelo puede tener una aireación pobre o estar inundado (pág. 74) impidiendo la absorción de agua.
- El agua de riego no estaba disponible cuando era necesaria.

Soluciones a la falta de agua en el cultivo

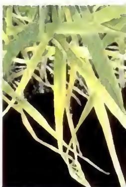
☺ Seguir los programas de riego recomendados para la región. Usar el índice de marchitez para elegir el momento del riego (ver pág. 17). Calcular cuándo debería ser aplicada el agua usando el método en tres etapas descripto en la página 71. Medir la lluvia con un pluviómetro y medir la evaporación con un evaporímetro (pág. 99).

- ☺ Controlar los cálculos para la fecha de riego observando regularmente si los estomas están cerrados. El cierre de los estomas es una señal anticipada de estrés hídrico. Puede ser fácilmente medida con un porómetro.
- ☺ Controlar la profundidad del suelo y si hay piso de arado (pág. 18). Labrar la tierra de acuerdo a ello.
- ☺ Observar si hay pudrición de raíces (pág. 85) y aplicar el tratamiento pertinente si fuera necesario.
- ☺ Si el suelo es salino, aplicar agua en mayor cantidad que la acostumbrada cada vez que se riega para asegurar que las sales sean lixiviadas por debajo de la zona radical. Asegurar también que el drenaje sea adecuado para que las sales del sistema se eliminen. Esto es particularmente importante en los casos en que el agua de riego es salina (ver pág. 37 para mas detalles).
- ☺ Mejorar el drenaje si la inundación es un problema (ver pág. 74).
- ☺ Si el agua disponible es escasa, aumentar el volumen de los depósitos o sembrar un área menor de cultivos regados.
- ☺ Conservar la humedad esparciendo una cubierta de residuos vegetales sobre el suelo.

Inundación

La inundación del suelo ocurre cuando está saturado con agua. Los suelos pesados son más propensos a inundarse; tienen un espacio de poros limitado a través del cual el agua y el aire se mueven muy lentamente. Si el suelo está saturado por demasiado oxígeno se agota, el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes se detienen y los estomas se cierran impidiendo la fotosíntesis (pág. 100); además comienza la denitrificación del suelo. Dado que las plantas no pueden absorber nitrógeno del suelo, tienen que extraerlo de las hojas viejas para permitir el crecimiento de las nuevas. Durante este proceso, las hojas viejas pasan a tener un déficit de nitrógeno y se vuelven amarillas. Por lo general, no hay suficiente nitrógeno disponible en las hojas viejas como para alimentar el crecimiento de nuevos tallos y, por lo tanto, el macollaje no tiene lugar.

Hojas con deficiencia de nitrógeno



H M Rawson

El trigo se deteriora rápidamente en suelos inundados y, si las temperaturas son altas, las plántulas mueren en sólo dos días. Las últimas fases son mas tolerantes pero aún así pueden perder una gran proporción del área foliar y del rendimiento. La inundación

se evita asegurando que el agua drene a través del suelo antes que tenga tiempo de estancarse. Un trigo que crezca aceptablemente en suelos ligeramente salinos no podrá sobrevivir si estos se inundan.

¿Hay demasiada agua?

☹ Después de las lluvias, ¿permanecen los charcos por más de 12 horas? Examinar la superficie del suelo en las áreas en las que el crecimiento del cultivo es pobre. ¿Está el suelo demasiado húmedo o tal vez cubierto con manchas verdes de algas?

☹ ¿Hay algunas plantas marchitas a mediodía, a pesar de que el suelo está húmedo? En estos casos, en las áreas más bajas o húmedas, ¿tienen las plantas un color pálido con las puntas de las hojas viejas amarillentas? ¿Tiene el cultivo síntomas de deficiencia de nitrógeno a pesar de haber sido fertilizado correctamente?

☹ Las malezas que se observan en aquellas áreas que tienen un crecimiento pobre ¿son de especies diferentes de aquéllas que crecen en las áreas más secas?

☹ Tomar un puñado de suelo ¿tiene olor a estancado o a fresco?

Causas de la inundacion

- El suelo está mal drenado. ¿Está el lecho de siembra por encima del nivel de los canales de drenaje y se permite al salida del agua fácilmente?
- El campo no está nivelado ¿Se observan lugares más bajos? En esas áreas, ¿es el crecimiento más pobre?
- Se ha aplicado un exceso de riego y el agua no puede drenar lo suficientemente rápido. Controlar las anotaciones sobre la cantidad de agua y tiempo de riego.
- El suelo es naturalmente pesado con una estructura pobre y espacio de poros limitado.
- Las lluvias han sido sumamente intensas. ¿Se alteró el régimen de riego en consideración a las mismas?
- Después de fuertes lluvias las inundaciones pueden ocurrir incluso en suelos livianos a causa del encostramiento que sella la superficie del suelo e impide su aireación.

¿Qué se puede hacer en caso de inundaciones?

☺ Añadir nitrógeno después de un período de inundación. Esto permitirá a la planta tener un fácil acceso a los nitratos y a acelerar su recuperación.

- ☺ Mantener el campo libre de malezas para reducir la competencia por oxígeno en la zona radical.
- ☺ En caso de que haya encostramiento después de una lluvia intensa, cultivar ligeramente para ayudar a la aireación del suelo saturado.
- ☺ Si el suelo es propenso a la inundación, considerar la posibilidad de cultivar en camas, favoreciendo el mejor drenaje (pág. 94).
- ☺ Nivelar el campo, mejorar los canales de drenaje y acercarlos.
- ☺ Ajustar el programa de riego en función de las lluvias.
- ☺ Cultivar profundamente para aumentar el espacio de poros y romper el piso de arado que se pudiera haber formado. El espacio de poros debería ser de cerca del 10 por ciento para evitar la inundación.
- ☺ En la próxima estación, cultivar e incorporar abonos verdes para mejorar el contenido de materia orgánica del suelo y el espacio de poros. Alternativamente incorporar estiércol o residuos de cultivos.



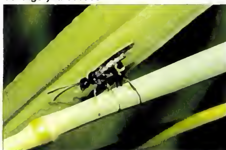
La inundación causa que las hojas inferiores se vuelvan de color amarillo brillante y después mueran y que las hojas superiores se vuelvan de color amarillo pálido debido a la falta de nitrógeno

H GómezMacpherson

Factores bióticos

Plagas de la parte aérea

Cecidómido del trigo adulto. Los cecidómidos son una importante y ampliamente difundida plaga del trigo y la cebada



RH Miller

Daño del cecidómido del trigo



Colección ICARDA

En todo el mundo hay centenares de insectos que se alimentan del trigo. Algunos están específicamente adaptados al cultivo y a las condiciones en que este ha sido históricamente cultivado. Por lo general, están en equilibrio con el sistema. Sin embargo, en años recientes, con la difusión del trigo a nuevas regiones, especialmente a áreas más cálidas y más húmedas que las zonas tradicionales, las poblaciones de numerosas plagas ya conocidas o nuevas se han convertido en un problema en más de un momento. Será necesario que pase bastante tiempo para que la población de predadores llegue a un volumen que controle las plagas o para obtener variedades resistentes a todas ellas. Hasta entonces serán necesarias las rotaciones de cultivos, la cuidadosa selección de la fecha de siembra de modo que el cultivo escape al ciclo de las plagas, el uso de las variedades resistentes disponibles y la aplicación de controles con agroquímicos. Este conjunto de acciones rompe el ciclo de las plagas. El siguiente texto se concentrará en unos pocos problemas con insectos en las nuevas regiones trigueras. Las plagas que se describen no ocurren en todas las regiones.

¿Son un problema los insectos de la parte aérea del cultivo?

☹ ¿Se observan tallos de plantas nítidamente cortados con la consecuente muerte de la espiga? Esto podría haber sido causado por el aparentemente inocuo cecidómido del trigo (*Cephus pygmaeus*) ilustrado en la fotografía superior.

☹ ¿Se observan rodales con extensas manchas muertas de color marrón? Observar cuidadosamente las plantas en forma individual. ¿Están las hojas y los tallos cubiertos con pulgones y sus secreciones pegajosas?

☹ Buscar rayas longitudinales amarillentas en los tallos y en las hojas, fuerte enrollado de las hojas y raquis enroscado (pág. 101). Desenrollar las hojas, ¿hay áfidos alimentándose? Probablemente sea el pulgón ruso del trigo (*Diuraphis noxia*); infestaciones fuertes pueden causar hasta un 80 por ciento de pérdidas del cultivo.

☹ Buscar en el cultivo áreas de poco vigor. Observar cuidadosamente las áreas muertas en las hojas y los tallos. Podría ser debido a una de las plagas suni a *Eurygaster integriceps* que extraen savia de las hojas y tallos y chupan los granos en estado lechoso. Buscar pequeñas ninfas alimentándose.

Plaga suni adulta en una espiga



RH Miller

☹ ¿Hay algunas espigas muertas y blancas? Buscar síntomas de barrenadores del tallo; observar también si hay pudrición de la corona (pág. 85) y mal del pie (pág. 81) que también pueden causar espigas blancas.

Ninfas de plaga suni en una hoja



RH Miller

☹ ¿Hay áreas con plantas raquíticas y de color verde opaco tal como ocurre con el estrés hídrico? Retirar las vainas de las hojas y examinar si en la base de los tallos hay larvas blancas de color rojo pálido de cerca 1,5 mm de largo. Inspeccionar también si hay pupas de color

Mosca de Hesse, similar a un mosquito



RH Miller

Pupas de la mosca de Hesse



RH Miller

oscuro que pueden ser fácilmente quitadas de la planta. Estos son los estados de la mosca de Hesse (*Mayetiola destructor*) que pueden causar severas pérdidas en el cultivo, sobre todo en el norte de África. La mosca de Hesse asemeja a un mosquito en tamaño y forma; en algunas regiones se conoce como mosquito del trigo.

Causas de los problemas con insectos

- El cultivo continuado de trigo o la rotación de trigo alternando con cultivos que albergan los mismos insectos favorecen el aumento de sus poblaciones en ese lugar. ¿Qué rotaciones se usan en esta región? ¿Es posible modificarlas para incluir un cultivo que no hospede los mismos insectos?
- ¿Se usa el barbecho? ¿Se limpió el barbecho de las plantas espontáneas de trigo y cebada? En caso contrario, estas plantas pudieron ser infestadas con el pulgón ruso del trigo y ser así la fuente de reinfestación de los trigos cultivados mas tarde.
- Los insectos han sido traídos por el viento o migraron desde fuera de la región, tal como podría ocurrir con la langosta migratoria. ¿Cuándo se identificaron los síntomas por primera vez?, ¿fueron un problema el año pasado?

¿Qué se puede hacer acerca de los problemas con los insectos?

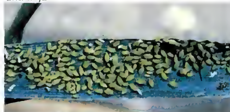
☺ Cuando los cultivos están sanos son mas tolerantes a las plagas y permanecerán libres de las mismas por mas tiempo. Minimizar los problemas siguiendo las prácticas normales para una buena producción de los cultivos. El control químico, si bien puede ser efectivo, a menudo no es económicamente posible; si es usado imprudentemente puede causar mas problemas de los que soluciona. Debe considerarse como el último recurso.

☺ Minimizar los problemas del cecidómido del trigo y de la mosca de Hesse usando las mejores

Pulgón del tallo (*Rhopalosiphum padi*) y pulgón verde (*Schizaphis graminum*)



Pulgón verde (*Schizaphis graminum*) sobre una hoja



RH Miller

prácticas recomendadas en la región. Usar aperos limpios y asegurarse que los residuos son correctamente enterrados. En el caso de la mosca de Hesse usar variedades resistentes siempre que estén disponibles. Controlar si es posible demorar o adelantar la fecha de siembra a fin de encontrar períodos libres de mosca.

☺ Los pulgones en Egipto y Sudán (probablemente *Rhopalosiphum padi* y *Schizaphis graminum*, respectivamente) pueden causar 20-30 por ciento de pérdidas de rendimiento en caso de infestaciones fuertes. Tratar las poblaciones con regularidad. Cuando hay más del 35 por ciento de las plantas infestadas, tratar con pesticidas recomendados. El tratamiento de infestaciones menores no merece ser considerado.

☺ El pulgón ruso del trigo no prolifera en áreas húmedas o donde hay fuertes lluvias. Existen variedades de trigo resistentes a este áfido; éstas deben usarse en zonas en que existe la plaga para reducir o eliminar la necesidad de tratar.

☺ Contar las ninfas y adultos de la plaga suni. Cuando el número medio de las ninfas es de 6-12/m^2 o el de los adultos de 2-3/m^2, alertar a las autoridades locales.

☺ Usar la rotación de cultivos para controlar el barrenador del tallo; en general cuesta más el tratamiento para controlarlo que el valor del aumento de la producción si se trata.

Nota: Litsinger y Barrion, (1988) y Miller y Pike (2000) presentan más detalles sobre los insectos discutidos y amplia información sobre otros insectos.

Plagas del suelo

Las plagas del suelo tales como termitas, hormigas, topos, grillos de campo, escarabajos del suelo, gusanos blancos, gusanos alambre, áfidos y chinches de las raíces son, por lo general, serios problemas sólo en la agricultura de secano. Los cultivos regados crecen más rápida y uniformemente y, por lo tanto, tienen una mejor capacidad para crecer bajo los ataques de los insectos. La labranza también protege el cultivo de las plagas del suelo; las expone a la desecación y rompe sus ciclos de alimentación mientras que la inundación regular disturba su hábitat. La eliminación o el agregado de residuos vegetales limita mas aún sus hábitats y sus recursos alimenticios. Bajo las condiciones de labranza mínima o de siembra directa, alguna de las plagas puede aumentar su población con el correr del tiempo.

¿Qué se puede hacer acerca de las plagas del suelo?

Si se presentara algún problema de este tipo, identificar de las plagas e intentar alguna de las siguientes acciones:

☺ Incluir en la rotación un cultivo (y su barbecho) en los cuales el insecto no pueda alimentarse o reproducirse.

☺ Cultivar, concentrándose en la eliminación o la incorporación total de los residuos y de las malezas.

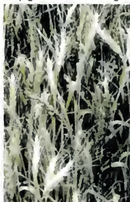
☺ Mejorar la nutrición de los cultivos y optimizar el riego por inundación para mantener un rápido crecimiento del cultivo y así superar las malezas.

☺ Elegir la fecha de siembra para que el cultivo no coincida con el ciclo de crecimiento de los insectos.

Enfermedades

Hay muchas enfermedades que atacan el trigo, algunas de ellas causando la muerte de las plántulas incluso antes de la emergencia (que se ven como rodales sin plantas) o poco después, observándose síntomas de marchitez. Las infecciones pueden continuar a lo largo de todo el desarrollo del cultivo y el impacto puede verse hasta el momento de la cosecha.

Espigas blancas en trigo



H M Rawson

Las enfermedades causadas por hongos son las más comunes y extendidas. Tienen síntomas característicos que pueden aparecer en tallos, hojas y espigas cuando la infección es severa. Los síntomas sobre las hojas varían desde pequeñas manchas o lesiones necróticas hasta la decoloración o la muerte prematura de toda la hoja. Las manchas planas y las pústulas que progresivamente aumentan de tamaño y se difunden de las hojas inferiores a las superiores son, por lo general, enfermedades causadas por hongos que se transmiten por los residuos vegetales o por las salpicaduras del agua; estas incluyen septoriasis y mancha bronceada o marrón. Las esporas de la roya causan manchas pulverulentas que sobresalen o rayas sobre la superficie de las hojas, tallos y espigas. El color de las manchas o pústulas indica el tipo de roya presente. Cuando se tocan, las esporas de la roya dejan un polvo color óxido en los dedos.

Las espigas blancas por lo general indican la presencia de patógenos de pudrición de las raíces tales como el mal del pie (*Gaumannomyces graminis*), enfermedades causadas por *Fusarium* o por *Bipolaris sorokiniana*. Estas espigas blancas están completamente muertas ya que los vasos que transportan el agua y los nutrientes han sido cortados por la pudrición de la raíz o de la corona. Probablemente, las plantas han estado enfermas por algún tiempo antes del espigado. Los síntomas asociados con las enfermedades trasmitidas por la semilla o por el suelo también aparecen normalmente

después del espigado. Los carbones, por ejemplo, son trasmitidos por la semilla y son comunes en regiones donde los agricultores producen su propia semilla.

Considerando la diversidad de las enfermedades del trigo, es importante controlar este tipo de problemas desde un principio. La pérdida de plantas y la pérdida de área foliar de las hojas reducen el potencial del rendimiento de un cultivo (pág. 50). Muchos de los problemas provienen de las semillas mientras que otros están presentes en el suelo en el momento de la siembra, donde han permanecido desde el cultivo anterior, o en los residuos o incluso asociados con malezas perennes (pág. 101). Las condiciones que no son óptimas para el cultivo pueden, sin embargo, ser favorables para las infecciones causadas por los hongos; por ejemplo, mala aireación, nutrición pobre o inundaciones. Si bien se necesita una cubierta vegetal densa para obtener altos rendimientos, esta es al mismo tiempo el ambiente perfecto para una rápida difusión de enfermedades y plagas. Por lo tanto, un buen manejo del control de las enfermedades requiere un conjunto de acciones equilibradas que comienza antes de la siembra eligiendo un campo limpio y una variedad resistente. Además, es necesaria una vigilancia continua hasta el momento de la cosecha ya que el cultivo está permanentemente expuesto a los ataques de enfermedades durante su desarrollo. Por último, es necesario prestar especial atención a la planificación de las rotaciones para prevenir la acumulación de enfermedades en las siembras futuras.

¿Son las enfermedades foliares un problema?

Los síntomas de las enfermedades foliares son similares, a veces, a aquellos de los desequilibrios nutricionales. Sin embargo, muchos de los síntomas siguientes no pueden ser confundidos.

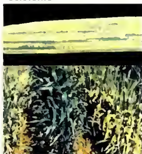
Buscar en la superficie de las hojas, tallos o espigas, esporas coloreadas que saltan al rasparlas con un dedo: son royas. Manchas blancas o grises son de oídio.

☹ La roya amarilla (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) tiene esporas amarillas brillantes que aparecen como franjas en el haz de las hojas. Prefiere condiciones húmedas y temperaturas bajas (8-15°C) y sobre todo noches frescas (<10°C).

☹ La roya del tallo (*Puccinia graminis* f.sp. *tritici*) tiene pústulas de color marrón oscuro que aparecen sobre la superficie de las hojas y pueden expandirse a los tallos y espigas. Aparece al final de la estación, sobre todo en áreas húmedas y cálidas (15-30°C).

☹ La roya de la hoja (*Puccinia triticina*) produce esporas de color marrón claro que aparecen sobre todo en la superficie del haz de las hojas; no causa la ruptura de la epidermis. Como en el caso de la roya del tallo, las pústulas pueden también

Roya amarilla en una hoja y en el cultivo, excepto en una hilera de una variedad resistente



A Yahyaoui

Roya del tallo



A Yahyaoui

Roya de la hoja



A Yahyaoui

extenderse por el tallo al final de la estación. La roya de la hoja está presente en todas las áreas de cultivo de cereales. Prospera en condiciones húmedas con temperaturas entre 15-25°C.

☹ El oídio (*Blumeria graminis* f.sp. *tritici*) tiene manchas blancas algodonosas sobre cualquier superficie verde. Las zonas infectadas toman un color gris opaco y pueden contener puntos negros esféricos que son la fructificación (fase sexual) del hongo. Aparece en condiciones de humedad.

Buscar manchas con márgenes amarillentos en las hojas del cultivo. Las enfermedades que aparecen como manchas son más difíciles de identificar que las royas; referirse a la descripción siguiente.

☹ La mancha de *Septoria tritici* produce lesiones irregulares moteadas de negro. La mancha de la gluma (*Septoria nodorum*) produce lesiones con menos puntos negros e irregularmente distribuidos. Al final de la estación y bajo condiciones húmedas y cálidas, la enfermedad infecta las glumas y las espigas causando manchas grises y arrugando los granos.

☹ La mancha bronceada (*Pyrenophora tritici-repentis*) produce síntomas similares a los de la mancha de la gluma, pero la enfermedad ocurre en climas fríos y se limita a las hojas.

Mancha de la hoja



A Yahyaoui

La marchitez de plántulas causada por *Bipolaris sorokiniana* es importante en las zonas húmedas y cálidas del sudeste de Asia causando pérdidas importantes en Bangladesh (Alam *et al.*, 1994). Aparece como pequeñas manchas con escasa necrosis en las hojas inferiores de las plántulas pero durante el encañado y el espigado se puede difundir rápidamente por la planta y dañar la mayor parte de las hojas y eventualmente infectar la semilla con puntos negros.

¿Son las enfermedades de las raíces un problema?

Antes de Z3.3 (plántulas)

¿Hay lugares donde faltan plantas o las hojas de las plántulas aparecen decoloradas o débiles? Desenterrar cuidadosamente algunas plántulas y lavar sus raíces. ¿Las raíces están raquíticas, decoloradas en tono marrón o gris?

Las especies de *Pythium* causan raíces principales romas, cortas, con poco desarrollo lateral y tejido blando marrón cerca o en el extremo de la raíz. Ocurren en suelos muy húmedos o inundados y dan lugar a una pobre emergencia y a la muerte de plántulas.

Cerca de Z3.3 (encañado)

Observar si en el cultivo hay plantas poco vigorosas, especialmente en rodales. ¿Tienen hojas amarillas? Desenterrar las plantas y lavar sus raíces. ¿Las raíces son raquíticas con las puntas agudas y decoloradas?

El hongo *Rhizoctonia* sp. puede causar rodales sin plantas en el terreno. Puede haber algunas plantas supervivientes dentro de los mismos pero serán muy raquíticas. Es probable que sus raíces sean marrones y en forma de punta de lanza y también que estén podridas. *Rhizoctonia* sp. se encuentra principalmente donde las malezas no se descompusieron antes de la siembra del cultivo. Puede estar asociado a inundaciones y es común en áreas con lluvias invernales y en suelos poco calcáreos.

Los nematodos en quistes de los cereales (*Heterodera* spp.) también se manifiestan como rodales de campo de algunos metros de diámetro, con plantas de crecimiento débil, a menudo con algunas hojas amarillentas. Desenterrar algunas plantas y examinar la zona de las raíces y de la corona. ¿Las raíces secundarias están blancas o decoloradas? ¿Son cortas, retorcidas y nudosas? Los nematodos en quistes de los cereales se

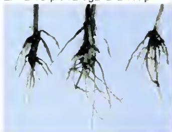
Los nematodos en quistes de los cereales aparecen como nudos en las raíces



alimentan de las raíces y causan agallas. Mas adelante, los pequeños quistes se desarrollan en los nudos o en las raíces engrosadas y los quistes finalmente se vuelven marrones.

☹ Controlar el color del área de la corona. ¿Es negra? El mal del pie (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) puede ser identificado rompiendo una raíz en las primeras etapas de su desarrollo; su región central es de color negro. En las últimas etapas, la parte baja del tallo y muchas raíces pueden ser negras. Las plantas pueden ser arrancadas fácilmente y las raíces están atrofiadas. El mal del pie afecta todos los macollos de la planta y puede infectar áreas de varios metros de extensión. Se difunde más rápido en condiciones húmedas, sobre todo en suelos neutros a alcalinos. Las espigas muertas se ponen en evidencia en rodales que se expanden a medida que avanza la estación.

El mal del pie da lugar a raíces pobres



La pudrición de la corona causa tallos marrones de color rosado en su interior



A Yahyaoui

☹ La parte baja del tallo ¿es de color marrón? Esto puede ser debido a la pudrición de la corona causada por *Bipolaris sorokiniana*. También pueden presentar un color rosado en los internudos de la sub-corona y los nudos más bajos del tallo debajo de la vaina de las hojas. Normalmente afecta los macollos primarios, uno o dos por planta. El color rosado está asociado con especies del género *Fusarium* en un complejo de patógenos de las raíces. Es más evidente cuando las plantas sufren de estrés hídrico.

Cerca de Z5.5 a Z6.5 (espigado a antesis)

Los síntomas de las enfermedades trasmitidas por las semillas y por el suelo generalmente aparecen en el cultivo después del espigado. Los carbones son trasmitidos por las semillas.

¿Hay algunas espigas completamente blancas y muertas? El mal del pie o pudrición de la corona causa este problema. Cuando esta enfermedad llega a esta fase implica que ya habrá destruido completamente el sistema conductor de los tallos, matando y blanqueando las espigas. Ver antes en el texto los síntomas tempranos. Las heladas

fuertes también pueden causar los mismos síntomas, pero en este caso las áreas afectadas del cultivo serán más grandes.

En el sur de Asia hay otras enfermedades de las raíces que prevalecen, sobre todo bajo condiciones cálidas. *Bipolaris sorokiniana* causa raíces necróticas e internudos marrones debajo de la corona. También es importante la pudrición de la raíz causada por *Sclerotium rolfsii*.

☹ ¿Hay una o más espiguillas con la espiga blanca o parcialmente seca? ¿Estas espiguillas contienen granos arrugados y a menudo descoloridos? Probablemente sea la fusariosis o roña de la espiga (*Fusarium graminearum y F. culmorum*) que es común en trigos cultivados en áreas húmedas y cálidas. Las espigas pueden ser parcialmente de color rosado.

☹ ¿Se observan plantas bajas con hojas de color verde oscuro y un desagradable olor a pescado? Estas plantas están infectadas con caries (*Tilletia tritici, T. laevis*). Las masas de carbón infectan los granos. En el momento de la cosecha los granos infectados se rompen y liberan su masa de esporas negras.

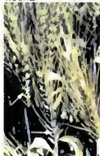
☹ ¿Se observan plantas relativamente altas con espigas sin granos convertidas en una masa negra pulverulenta que se desprende y deja solo el raquis negruzco? Esto es carbón (*Ustilago tritici*). Lo que eventualmente resta de las espigas infectadas es apenas el raquis central desnudo.

Plántulas marrones a causa de *Bipolaris sorokiniana*



A Yahyaoui

Roña de la espiga. Las espiguillas rosadas están señaladas por una flecha



A Yahyaoui

Espiga con carbón. La flecha señala las masas de carbón.



A Yahyaoui

Causas de las enfermedades de las plantas

- No se han usado variedades resistentes. Existen algunas fuentes de resistencia a las royas, a la septoriasis, a los quistes de nematodos (*Heterodera* spp.) y a los nematodos del tallo (*Pratylenchus* spp.) y, en menor grado, a las pudriciones de la

corona y de las raíces. Comprobar que variedad fue sembrada. ¿Hubo otras variedades menos afectadas en esa área? Si fue así, ¿fueron las prácticas culturales distintas?

- Se sembraron semillas infectadas. ¿Había semillas con la punta negra en las muestras de semillas? ¿Cuál era la procedencia de las semillas? ¿Eran semillas procedentes del cultivo anterior del mismo campo o se adquirieron en el comercio? La ausencia de punta negra, lamentablemente, no es una indicación válida de que la semilla esté libre de *Bipolaris sorokiniana*.
- Los residuos enfermos de los cultivos no fueron retirados antes de la siembra en un área propensa a las enfermedades o estaba presente un huésped alternativo (las gramíneas pueden albergar roya amarilla y especies no gramíneas pueden albergar royas de la hoja y del tallo). Observar los restos de residuos de los cultivos y otras plantas que pudieran haber albergado la enfermedad.
- Las semillas no fueron tratadas o recibieron un tratamiento inadecuado. Obtener detalles del tratamiento de la semilla y controlar si el tratamiento corresponde a las enfermedades identificadas.
- El suelo estaba inundado durante la etapa de plántula demorando la emergencia y el crecimiento temprano del cultivo. Estudiar el tipo de suelo y buscar evidencias de mal drenaje. ¿Hubo lluvias fuertes durante el crecimiento de las plántulas?
- ¿Se sembró el trigo sobre trigo o sobre cebada? ¿Estaba el campo de trigo cercano a un campo de maíz?

Soluciones a los problemas de las enfermedades

Royas y oídio

☺ Sembrar variedades más resistentes y cambiar las variedades tan a menudo como sea posible.

☺ Evitar el monocultivo de una variedad en grandes áreas.

☺ Aplicar fungicidas en caso que se llegue a niveles epidémicos, sobre todo en el caso de la roya amarilla.

☺ Evitar el exceso de fertilizantes nitrogenados.

Caries

☺ Usar variedades resistentes.

☺ Usar sólo semilla limpia cosechada de un campo libre de enfermedades. Asegurarse que la cosechadora no esté contaminada por la cosecha del campo anterior.

- Usar semilla tratada o tratarla en la finca usando los fungicidas recomendados.
- Evitar la siembra profunda sobre todo en los campos en que se encontró carbón en años anteriores.
- Dar un riego de presiembra o sembrar en suelo húmedo. Asegurar una rápida germinación para minimizar las infecciones tempranas.
- Quitar las espigas infectadas de carbón volador y quemarlas fuera del campo.

*Enfermedades en manchas (*Septoria *spp., mancha bronceada)*

- Usar variedades resistentes y cambiar las variedades tan a menudo como sea posible.
- Evitar el monocultivo de una variedad en áreas grandes.
- Evitar el cultivo continuo de trigo en el mismo campo. Rotar con una leguminosa.
- Evitar la siembra sobre los residuos del cultivo anterior.
- Usar semillas sanas y limpias sin restos de partes de plantas.
- Evitar un exceso de fertilización nitrogenada y altas densidades de siembra. Un follaje denso estimula un rápido desarrollo y difusión de las enfermedades.

Complejo de enfermedades de la pudrición de las raíces

- Usar variedades resistentes.
- Evitar el monocultivo de cereales (trigo sobre trigo) y rotaciones que incluyan consecutivamente cultivos huéspedes de las mismas enfermedades.
- Quitar los restos de los cultivos y también cualquier huésped alternativo de la enfermedad.
- Incluir una leguminosa o biofumigante en la rotación. Las leguminosas no son huéspedes de estas enfermedades por lo que se evita la producción de inóculo. Enfermedades como el mal del pic pueden necesitar dos estaciones sin trigo para matar todo el inóculo (leguminosas, oleaginosas y papas no son huéspedes).
- Evitar el cultivo de trigo después de maíz o aún cerca de un campo de maíz si la roña de la espiga de *Fusarium* está presente en el área.
- Favorecer la rápida emergencia del cultivo evitando la siembra profunda y dando un riego de presiembra.
- No sembrar en un suelo seco; regar brevemente estimula las especies de *Pythium,* sobre todo si el suelo permanece húmedo por un largo período. Regar antes de la siembra y regar otra vez cuando el cultivo está macollando (Z2.1).

- Mejorar la nutrición del cultivo con un uso equilibrado de fertilizantes. La fertilización con fósforo y potasio reducirá la infección de la pudrición de las raíces en las tierras secas.
- Mejorar la aireación y el drenaje del suelo por medio de la labranza y el incremento de la materia orgánica.
- Tratar las semillas. (Meisner *et al.*, 1994).

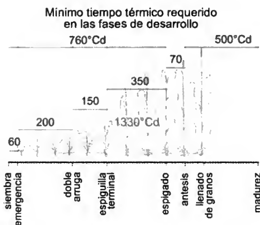
Sección 6. Explicaciones sobre el desarrollo de la planta

¿Qué induce el desarrollo de la planta de trigo?

La temperatura es el factor más importante que induce el desarrollo de la planta de trigo a través de sus fases, desde la emergencia pasando por la doble arruga, hasta la floración y la madurez. El desarrollo puede ocurrir dentro de un cierto rango de temperaturas; por debajo de 0°C hace demasiado frío para el desarrollo de la mayor parte de las variedades y por encima de 30°C hace demasiado calor. A medida que la temperatura media aumenta dentro de estos puntos (conocidos como la temperatura base y la temperatura óptima, respectivamente) el desarrollo se acelera. Sin embargo, el crecimiento, o aumento de tamaño, no sigue necesariamente estas reglas porque también entra en juego la radiación solar (pág. 101) y con temperaturas por encima de la óptima el desarrollo se desacelera.

Tiempo térmico e integral térmica

Cada fase del desarrollo requiere un mínimo de acumulación de temperatura para llegar a su término y que la planta pueda pasar a la fase siguiente. En efecto, la planta "mide" la temperatura cada día y agrega el promedio de ese día a un total requerido para esa fase. Este total se llama tiempo térmico o suma de calor y las unidades térmicas son grados/días (°Cd). Se puede calcular sumando las temperaturas medias de cada día durante la fase en cuestión. La temperatura media es: *(máxima+mínima)/2.* Por lo tanto, si en un determinado día hubo una máxima de 35 °C y una mínima de 15 °C, la media será de 25°C [(35+15)/2] y la suma de calor para ese día será de 25°Cd.



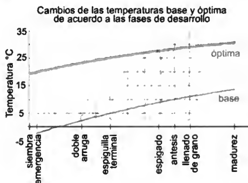
HM Rawson

El diagrama anterior muestra el número mínimo de °Cd necesario para cada fase. Por ejemplo, para pasar de la emergencia a la doble arruga son necesarios 200°Cd (10 días con una media de 20°C o 20 días con una media de 10°C). Del mismo modo, desde la siembra al espigado son necesarios por lo menos 760°Cd.

Si se desea calcular para un determinado lugar cuantos son, aproximadamente, los días necesarios para que una variedad de trigo de corta duración complete estas fases, será necesario dividir la suma de calor dada en el diagrama por la temperatura media del lugar. Por ejemplo, si la temperatura media es de 15°C, la fase de la siembra al espigado tomará al menos 50 días (760/15=50). También es posible calcular cómo afectará el desarrollo un período de altas o bajas temperaturas.

Temperatura base y temperatura óptima

Conceptualmente, la temperatura base es la temperatura a la cual el desarrollo se detiene debido al frío. A medida que la temperatura aumenta por encima de la temperatura base, el desarrollo se acelera hasta que se alcanza la temperatura óptima. La temperatura óptima es aquella a la cual el desarrollo ocurre lo mas rápidamente posible. Temperaturas más altas que la óptima pueden reducir la velocidad del desarrollo; a temperaturas muy por encima de la óptima el desarrollo se puede detener y la planta morir.



H M Rawson

En el caso del trigo, la temperatura base y la óptima no son siempre 0°C y 25°C respectivamente. En efecto, estas temperaturas dependen de la fase de desarrollo; son más bajas al inicio del cultivo y aumentan con el desarrollo. La figura muestra que el trigo puede crecer a 0°C durante la fase de plántula, pero, en cambio, su progreso en la etapa de la espigado es lento si la temperatura está por debajo de 10°C. Afortunadamente, las variedades difieren en sus temperaturas base y óptima hasta en 7 °C en cualquier fase (ver Slafer y Rawson, 1995 y trabajos relacionados). En general, el trigo de invierno puede desarrollarse a temperaturas más bajas que el trigo de primavera.

Si fuera necesario hacer cálculos seguros de sumas de calor, se debería obtener la temperatura media para cada día como *(máxima+mínima)/2* y restar la temperatura base para esa etapa.

El fotoperíodo y la vernalización también afectan la tasa de desarrollo

En algunas fases del desarrollo, existen otros factores que pueden modificar algunos efectos de la temperatura. Los elementos modificadores menores incluyen la sequía, la nutrición y la radiación solar. Los mayores modificadores son el fotoperíodo (el total de horas entre la primera y la última luz de cada día) y la vernalización (las temperaturas entre 0°C y 12°C). La incidencia de estos modificadores difiere según la fase y la variedad de trigo (ver Rawson *et al.*, 1998). Los días más cortos demoran el desarrollo así como lo hace la ausencia de temperaturas bajas vernalizantes cuando plántula, si bien este efecto se observa principalmente en los trigos de invierno. Es necesario considerar esto cuando se estime la duración de las fases de desarrollo. Por ejemplo, el período de la siembra al espigado podría durar el doble con un fotoperíodo de 10 horas que con uno de 15 horas (1 500°Cd en lugar de 760°Cd, como se muestra en el diagrama de mínimo tiempo térmico).

Sección 7. Notas sobre dos sistemas de labranza

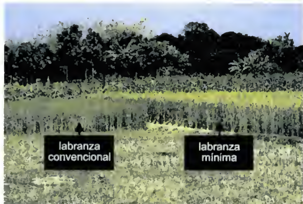
Labranza mínima y labranza cero

Los sistemas de labranza mínima y de labranza cero son muy similares ya que la tierra no se labra o se labra muy poco antes de la siembra; se dice que se hace una siembra directa. Este enfoque se ha extendido en los últimos años, llegando por ejemplo a ocho millones de hectáreas en Brasil e introduciendo importantes cambios tecnológicos en Asia.

Una ventaja importante de la labranza mínima es que los cultivos pueden ser sembrados inmediatamente después de que el cultivo anterior haya sido cosechado y, por lo general, en el momento más cercano al óptimo de la siembra. Esto no es posible con la labranza convencional ya que esta requiere más tiempo. Por lo tanto, la siembra directa es adecuada para aquellas regiones en las cuales se rotan dos o más cultivos en el mismo campo y en el mismo año. En muchas partes del sur de Asia el rendimiento de trigo baja considerablemente a medida que la siembra se demora mas allá de la fecha óptima (ver para mas detalles, Hobbs *et al.*, 1997). En pocas palabras, esta demora cuesta en términos de producción. La labranza mínima, además de reducir el período entre dos cultivos, también puede ser más económica que la convencional.

La labranza convencional en las pequeñas fincas de algunas partes de Asia puede ser lenta y agotadora. En Bangladesh es común hacer seis aradas con bueyes y 11 operaciones de nivelación o dos pasadas con un rotavator y cuatro nivelaciones. Sólo después de estas operaciones el suelo está pronto para la siembra. Usando el sistema

Dos cultivos sembrados después de arroz en Bangladesh. Las cuatro pasadas de labranza normal requieren tres semanas demorando la siembra del trigo mas allá del momento óptimo. El rendimiento estimado es <2 t/ha. La labranza mínima, más adelantada, se sembró cinco días después de la cosecha del arroz. El rendimiento estimado es de 4 t/ha.



H GomezMacpherson

La labranza mínima acorta el período entre cultivos. Si esto permite una siembra más cercana a la óptima entonces el rendimiento aumentará.

de labranza mínima la tierra puede ser labrada y sembrada en una sola operación; por ejemplo, usando aperos con un tractor manual chino, se obtiene en una operación un lecho de siembra de 5 cm, se siembra y se cubre con tierra (C. A. Meisner, com. pers.). Un sistema incluso menos dañino que el sistema de una sola pasada es la labranza en fajas, similar a la labranza cero pero donde se labran solamente unas fajas de 10 cm de ancho y 5 cm de profundidad.

Otra ventaja importante de la labranza mínima es que la tierra puede no estar accesible para la labranza convencional a causa de sus condiciones de humedad, pero, sin embargo, puede ser accesible para la siembra directa del trigo. Por ejemplo, en el este de Uttar Pradesh, Bihar, norte de la India, y en Bengala oeste, las lluvias monzónicas se pueden extender de octubre a noviembre cuando el cultivo anterior de arroz está pronto para ser cosechado. En esas condiciones, el arroz es cosechado cuando la tierra está muy húmeda, en muchos casos con agua, ya que el drenaje puede ser difícil en los campos planos. Las labranzas no son posibles en ese momento ya que el suelo está muy húmedo y se hay que esperar que se seque con la consiguiente pérdida de tiempo.

Camas para trigo regado

El trigo puede ser sembrado en camas de cualquier longitud, de 60 a 90 cm de ancho y de 15 a 30 cm de altura, con dos o tres hileras de cultivo bien definidas por cama. Los surcos entre las camas permiten el paso del agua de riego y también el drenaje, el acceso para las tareas manuales de los operarios y la entrada de maquinaria para la escarda mecánica o manual, aplicar fertilizantes y cosechar. Las ruedas de las maquinarias no van sobre los camas sino en los surcos. Las camas se mantienen durante varios años para los cultivos sucesivos de trigo o la rotación que sea. Se puede encontrar mas información en Sayre y Moreno Ramos (1997) y Sayre (2000).

Ventajas

- Rápido drenaje del agua de riego de la superficie de la cama que evita los efectos negativos de la formación de charcos y la inundación (pág. 74); evita la desoxigenación de la parte superior de la zona radical por largos períodos y permite un rápido acceso a la superficie de la cama después del riego para hacer trabajos mecánicos o manuales.
- Un riego presiembra seguido por la escarda de las malezas emergidas minimiza el uso de herbicidas (pág. 64).
- El riego tardío en camas minimiza el riesgo de encamado (pág. 54).
- El fácil acceso de la maquinaria sin que se compacte el suelo, permite el abonado nitrogenado en bandas en la etapa del primer nudo o más tarde. Esto significa que

una mayor parte del nitrógeno será usado en la producción de grano y que se perderá menos con el agua de riego por lixiviación o evaporado. La contaminación ambiental será menor.

Un cultivo en camas separadas por surcos que permiten el acceso y el riego. India.



H GómezMacpherson

- Una siembra de precisión y un mejor ambiente para el crecimiento de las plántulas, resultará en una menor competencia por parte de las malezas y una mejor oxigenación de las raíces, por lo que se pueden usar densidades de semillas mas bajas, hasta 25 kg/h en contraste con la normal de 120 kg/ha (pág. 47). Esto puede facilitar la adopción del uso de híbridos.
- Ya que el ambiente es mejor, las semillas pueden sembrarse menos profundamente dando lugar a una emergencia de las plántulas más rápida, a una cobertura total del suelo más temprana y a una mejor intercepción de la radiación solar (pág. 49). Esto es particularmente importante en el caso de cultivos en estaciones cortas en ambientes cálidos.
- Los residuos de los cultivos pueden dejarse en los surcos para su estabilización (pág. 67). Los sistemas de labranza cero y labranza mínima (pág. 93) pueden ser más rentables en un sistema que use camas.
- En general, el sistema de camas puede ser más rentable ya que se reducen los costos de los insumos (herbicidas, insecticidas, fertilizantes, agua) sin penalizar los rendimientos.
- El mayor beneficio en muchos de los sistemas de cultivos tales como la rotación arroz-trigo es que el tiempo de barbecho entre ambos cultivos es muy corto. Teóricamente, usando labranza cero o mínima en camas, el trigo puede ser sembrado al día siguiente de la cosecha del arroz. El cultivo de arroz en camas se está probando y desarrollando.

Desventajas

- Una mayor proporción de la superficie de la tierra está formada por surcos de riego/drenaje/paso y, por lo tanto, no se siembra. Por ello, la completa cobertura del suelo se demora comparada con la siembra de toda la superficie. Esto podría dar lugar a una reducción del rendimiento de hasta un 20 por ciento, sobre todo en cultivos de corta duración.

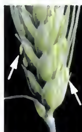
- Hay un costo inicial para la preparación de las camas y ocasionalmente para su mantenimiento entre cultivos sucesivos; si bien no es necesaria maquinaria especializada muy costosa, el trabajo consume tiempo y esfuerzos.
- No todas las variedades de trigo están adaptadas a la siembra en camas. Algunas tienen menores rendimientos que cuando se cultivan con métodos convencionales.

Sección 8. Terminología usada en esta publicación

Antesis (floración)

Se llama así el momento en que las anteras amarillas son claramente visibles en las espigas. Cada lemma y palea de la florecilla se separan al hincharse sus lodículos lo que permite que las anteras emerjan. Después de un día o dos los lodículos mueren y las florecillas se cierran otra vez. En algunos casos las florecillas nunca muestran las anteras. Cuando las anteras son estériles, como ocurre en algunos suelos pobres en boro, las florecillas pueden estar abiertas varios días o hasta que ocurra la polinización cruzada. Es una etapa fundamental del desarrollo.

Anteras amarillas



HM Rawson

Aristas (barbas)

Son estructuras filiformes que forman parte de la espiga; frecuentemente son ásperas y a veces vellosas sobre las glumas. Se conocen como "barbas" en las espigas de trigo y cebada. Las aristas fotosintetizan cuando están verdes.

Ubicación de la lígula y la aurícula



HM Rawson

Aurículas

Son apéndices de la lámina de la hoja, uno a cada lado de la base, que a veces abrazan la hoja superior o caña.

Casilla meteorológica

Caja de madera, blanca, rústica, permitiendo la ventilación pero no el paso de la luz, instalada 1,5 m sobre el nivel del suelo, en la cual se colocan instrumentos meteorológicos. Por lo general, los instrumentos instalados son para medir la humedad y las temperaturas máxima y mínima.

Doble arruga

Estado de desarrollo del ápice (punto de crecimiento) cuando tiene aproximadamente 0,5 mm de largo. Antes de este estado el pequeño ápice (<0,2 mm) ha producido solamente primordios de hojas o arrugas simples que son estructuras angulares. En la doble arruga los nuevos primordios son de bordes redondeados y asociados a cada uno se encuentra una yema; de aquí el nombre de doble arruga. Esta yema se convierte en espiguilla. En la fotografía en la página 8, al lado de la doble arruga se ha situado una barra blanca.

Eficiencia del uso del agua (EUA)

Es la cantidad de materia producida por el cultivo por cada unidad de agua utilizada. Las unidades pueden ser kilos de biomasa o kilos de grano por kilo (litro) de agua. También puede ser expresada como la cantidad de agua necesaria para producir biomasa o granos. Dependiendo del genotipo, del largo de la estación y de la demanda evaporativa, los cultivos transpiran entre 500 y 1 000 litros de agua a lo largo del período de crecimiento por cada kilo de grano producido. Dependiendo del tamaño de las plantas en el momento de la antesis y de los factores antes mencionados, son necesarios entre 200 y 400 litros de agua entre la antesis y la madurez por cada kilo de grano producido. Los cultivos con más biomasa en el momento de la antesis generalmente producen mas grano; tienen más reservas disponibles para translocar desde donde están depositadas a los granos en desarrollo. La EUA es a menudo menor que estos valores porque gran parte del agua que llega al campo no es usada por el cultivo; se pierde en el drenaje y en la evaporación del suelo desnudo al inicio de la estación. La cobertura temprana del suelo por parte del cultivo favorece la EUA.

Encañado

El tallo se elonga extendiendo la parte entre los nudos. Los primeros nudos se hacen visibles y progresivamente más grandes una vez que la espiguilla terminal se ha formado en la espiga microscópica. Cuando un cultivo se encama (pág. 54) vuelve a crecer en forma vertical ajustando el crecimiento angular de esos nudos. El inicio de la fase del encañado según Zadoks es Z3.0 (pág. 10).

Encostramiento

Sellado de la superficie del suelo con partículas muy finas; estas partículas bloquean los poros más grandes reduciendo el movimiento de gases hacia dentro y fuera del suelo y disminuyendo la infiltración del agua. Es más común en suelos con alto contenido de limo, bajo contenido de materia orgánica o con alto contenido de sodio.

Espiga

Inflorescencia constituida por un raquis que lleva espiguillas sésiles en el caso del trigo.

Espigado (espigazón)

Estado del desarrollo cuando la espiga emerge de la vaina que la encierra. La fase de la aparición parcial a total también se llama *emergencia de la espiga.*

Espiguilla

Unidad de inflorescencia envuelta por el par de glumas; consta de un eje sobre el que se insertan las dos glumas y una o más lemmas; en la axila de las lemmas se origina una

ramilla brevísima que sostiene la palea, los lodículos, los estambres y el gineceo. Cada espiga tiene 15 a 30 espiguillas que se encuentran en dos hileras a lo largo de la espiga (ver fotografía en pág. 7). Cada espiguilla está compuesta de dos a seis florecillas. Se muestran en el diagrama de la espiguilla.

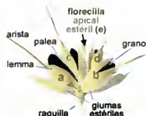


Diagrama de una espiguilla central con 5 florecillas: 4 fértiles y 1 subdesarrollada y estéril

HM Rawson

Espiguilla terminal

Es la última espiguilla formada que se encuentra en el extremo de la espiga; está ubicada en un plano a 90° de las otras espiguillas. Cuando aparece ya se ha determinado el número potencial de espiguillas fértiles de la espiga que además se pueden contar al microscopio. La espiga en la fotografía tiene 20 espiguillas; en esta etapa la espiga tiene sólo de 2 a 5 mm de largo pero ya se asemeja a una espiga adulta.

Espiguilla terminal (TS) en una espiga pequeña



Esporas

Elementos de difusión de los hongos y, por ende, de las enfermedades (pág. 81). Por lo general, las esporas pueden "germinar" mejor e infectar hojas y plantas cuando las condiciones ambientales son cálidas y húmedas. El interior de un cultivo denso es generalmente húmedo ya que las hojas transpiran.

Estomas

Poros activos en ambas superficies de las hojas del trigo que al cambiar sus aberturas controlan la tasa en que el bióxido de carbono (CO_2) entra y el vapor de agua sale de la planta. Se cierran en la oscuridad y siempre que a la planta le falte agua. Cuando los estomas están abiertos la pérdida de agua a través de los mismos enfría las hojas.

Evaporímetro

Es una bandeja metálica circular de cerca de 1,5 m de diámetro y 30 cm de profundidad que se llena con agua; los mm de agua evaporados de la bandeja indican aproximadamente cuanta agua está perdiendo el cultivo, siempre que no tenga estrés hídrico. Puede servir de orientación para estimar la cantidad de agua de riego que debería ser aplicada para reemplazar las pérdidas de la transpiración. Se puede fabricar un evaporímetro y medir cada pocos días cuánto desciende la superficie del agua. Es necesario rellenarlo regularmente y evitar que no beban los animales cubriéndolo con

tejido de malla o similar. Los milímetros perdidos y medidos indicarán aproximadamente cuantos milímetros de agua se le deberían dar al cultivo para reemplazar las pérdidas.

Florecilla

Cada espiguilla tiene entre 2 y 6 florecillas donde se forman los granos; cada florecilla está formada por una lemma foliosa con una larga arista (ambas verdes en la antesis) y una palea opuesta. Estas, juntas, forman una copa para el grano. En la antesis cada lemma y palea encierran los estambres con su polen amarillo y el estigma. El polen cae en el estigma y ocurre la autofertilización que dará lugar a un grano. El número de granos de la espiga es igual al número de florecillas fértiles producidas por la espiga.

Fotosíntesis

Es el proceso que siguen las plantas para producir azúcares (carbohidratos) para el crecimiento. Los elementos esenciales para este proceso son: la radiación solar que provee energía, la clorofila verde de las hojas y los tallos para atrapar y convertir esa energía, el bióxido de carbono del aire para proporcionar el carbono para los carbohidratos, y el agua.

Glumas

Órganos inferiores de la espiguilla, generalmente con aspecto de bráctea.

Glumas estériles

Dos estructuras foliares modificadas en la base de cada espiguilla (ver diagrama de la espiguilla)

Índice de área foliar (IAF)

Es el área de todas las hojas verdes en un metro cuadrado de tierra. Cuando cada metro cuadrado de tierra tiene mas de 4 metros cuadrados de hojas creciendo en el mismo (IAF=4) el cultivo intercepta mas de 90 por ciento de la radiación solar (ver fotografía en pág. 49). Con una interceptación menor durante la elongación del tallo a la etapa de vaina engrosada, los rendimientos difícilmente pasarán de 4 t/ha (ver pág. 49). La suma del IAF después de la antesis es llamada duración del área foliar (DAF). Tal como el número de hojas verdes después del espigado (pág. 53), la DAF también está estrechamente relacionado con el rendimiento.

Labranza (laboreo) cero

Conocida también como siembra directa. En un solo pase de la sembradora se abre el surco, se siembra, se coloca el fertilizante y se tapa la semilla. Una parte pequeña de los residuos de los cultivos anteriores son disturbados o incorporados al suelo.

Labranza (laboreo) convencional

Este método de labranza invierte la capa de la superficie del suelo incorporando los residuos y la vegetación y rompiendo la superficie hasta obtener un menor tamaño. También es llamada labranza limpia.

Labranza (laboreo) mínimo

Esta labranza, con un número limitado de pases de la maquinaria, alcanza a disturbar algo el suelo y a controlar físicamente las malezas, pero deja muchos residuos de los cultivos sobre la superficie del suelo.

Lígula

Es una estructura membranosa de cerca de 1 mm de largo transversal al nervio medio o al eje longitudinal que separa la vaina de la lámina y está en el mismo plano de la vaina (ver fotografía asociada con la lígula pág. 97).

Macollo o ahijado

Es un tallo que crece desde la base de una hoja (pág. 10). Hay una yema de macollo en la base de cada hoja; si crece o no convirtiéndose en un tallo depende de la "salud" de la planta cuando la yema es joven. Puede permanecer latente indefinidamente si durante su formación le falta agua a la planta. Cuando el agua vuelva a estar disponible, se desarrollará otra yema que se haya formado recientemente en otra hoja.

Malezas perennes

Son plantas que viven durante varios años; las malezas perennes más difíciles de controlar son las que se propagan por semillas y por medios vegetativos, por ejemplo, las gramíneas perennes que pueden producir nuevas plantas a partir de trozos de raíces. Las malezas de hoja ancha, como los cardos, tienen ese comportamiento. Ambos medios reproductivos establecen profusas redes de sistemas radicales.

Nudo del tallo

Un nudo del tallo es el lugar de donde surge la hoja. Los nudos se pueden palpar como abultamientos cuando se pasan los dedos sobre el tallo. Los internudos son los trozos de tallos entre los mismos.

Radiación solar

Es la energía del sol que llega a la tierra después de pasar a través de la atmósfera y las nubes. Alrededor de la mitad de esa energía es luz visible. Las plantas pueden usar cerca de la mitad de la misma para la fotosíntesis.

Raquis

Es el eje de la espiga donde se asientan las espiguillas.

Transpiración

Las hojas están cubiertas con estomas (ver Estomas). Cuando los estomas se abren el vapor de agua sale de la hoja a través de los mismos. Este proceso se llama transpiración. Esa salida del vapor de agua es más rápida cuando los estomas están más abiertos, cuando el aire es muy seco y caliente o cuando hay viento. En estas condiciones los cultivos pueden perder agua muy rápidamente: hasta un litro por metro cuadrado de superficie de suelo cada tres horas (asumiendo una cubierta densa) y, por lo tanto, la planta se estresa.

Vaina engrosada (bota, embuche, hinchazón, zurrón)

A medida que la espiga joven crece dentro de las vainas de las hojas, puede eventualmente ser palpada una vez que ha emergido la hoja bandera, y su vaina se engrosa. Es más evidente inmediatamente antes de que las aristas inicien su emergencia por encima de la última vaina.

Referencias

Ageeb, O.A.A. 1994. Agronomic aspects of wheat production in Sudan. *In* D.A. Saunders & G.P. Hettel, eds. *Wheat in heat-stressed environments: irrigated, dry areas and rice-wheat farming systems*, p. 67-74. Mexico, D.F., CIMMYT. 402 pp.

Alam, K.B., Shaheed, M.A., Ahmed, A.U. & Malakar, P.K. 1994. Bipolaris leaf blight (spot blotch) of wheat in Bangladesh. *In* D.A. Saunders & G.P. Hettel, eds. *Wheat in heat-stressed environments: irrigated, dry areas and rice-wheat farming systems*, p. 339-342. Mexico, D.F., CIMMYT. 402 pp.

Badaruddin, M., Reynolds, M.P. & Ageeb, O.A.A. 1999. Wheat management in warm environments: effect of organic and inorganic fertilizers, irrigation frequency, and mulching. *Agron. J.* (in press)

Du Daiwen. 1994. Cultivation techniques for high yield in Dehong Prefecture, Yunnan Province, China. *In* D.A. Saunders & G.P. Hettel, eds. *Wheat in heat-stressed environments: irrigated, dry areas and rice-wheat farming systems*, p. 387-388. Mexico, D.F., CIMMYT. 402 pp.

FAO. 1977. Crop water requirements (revised). J. Doorembos and W.O. Pruitt. *Irrigation and Drainage Paper 24.* FAO, Rome.

FAO. 1984. Irrigation practice and water management. L.D. Doneen and D.W. Westcot. *Irrigation and Drainage Paper 1 Rev 1.* FAO, Rome.

Fischer, R.A. 1983. Wheat. In *Proceedings of a Symposium on potential productivity of field crops under different environments*, p 130-154. 23-26 September, 1980. Los Banos, Philippines, IRRI.

Grundon, N.J. 1987. *Hungry crops: a guide to nutrient deficiencies in field crops.* Information series/ Queensland Department of Primary Industries. Brisbane, Department of Primary Industries.

Hobbs, P.R., Giri, G.S. & Grace, P. 1997. *Reduced and zero tillage options for the establishment of wheat after rice in south Asia.* RCW Paper No. 2. Mexico, D.F., Rice-Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains and CIMMYT.

Ilaco, B.V. 1985. *Agricultural compendium for rural development in the tropics and subtropics.* 2nd. ed. Amsterdam, Elsevier. 738 pp.

Jongdee, B. 1994. Tillage methods for wheat after rice in paddy soils in Thailand. *In* D.A. Saunders & G.P. Hettel, eds. *Wheat in heat-stressed environments: irrigated, dry areas and rice-wheat farming systems*, p. 272-275. Mexico, D.F., CIMMYT. 402 pp.

Knowles, F. & Watkin, J.E. 1931. The assimilation and translocation of plant nutrients in wheat during growth. *J. Agric. Sci.*, 21: 612-637.

Lafitte, H.R. 1994. *Identifying production problems in tropical maize: a field guide.* Mexico, D.F., CIMMYT. 122 pp.

Litsinger, J.A. & Barrion, A.T. 1988. Insect problems of rice-wheat cropping patterns. *In* A.R. Klatt, ed. *Wheat production constraints in tropical environments*, p. 130-157. Mexico, D.F., CIMMYT. 410 pp.

Malik, R.K., Gill, G. & Hobbs, P.R. 1998. Herbicide resistance – a major issue for sustaining wheat productivity in rice-wheat cropping systems in the Indo-Gangetic Plains. RWC Paper No. 3. Mexico, D.F.: Rice-Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains and CIMMYT.

Meisner, C.A., Badaruddin, M., Saunders, D.A. & Alam, K.B. 1994. Seed treatment as a means to increase wheat yields in warm areas. *In* D.A. Saunders & G.P. Hettel, eds. *Wheat in heat-stressed environments: irrigated, dry areas and rice-wheat farming systems*, p. 360-366. Mexico, D.F., CIMMYT. 402 pp.

Miller, R.H. & Pike, K.S. 2000. Insects in wheat-based systems. *In Wheat Improvement and Production* (in press). Rome Italy:.FAO.

Olugbemi, L.B. 1994. Wheat production in Nigeria. *In* D.A. Saunders & G.P. Hettel, eds. *Wheat in heat-stressed environments: irrigated, dry areas and rice-wheat farming systems*, p. 8-11. Mexico, D.F., CIMMYT. 402 pp.

Peacock, J.M., Mahalaksmi, V., Ortiz Ferrara, G., Howarth, C.J., Nachit, M. & Hamblin, J. 1984. Physiologists' approaches to screening for high temperature tolerance in cereals: the Indian experience. *In* D.A. Saunders & G.P. Hettel, eds. *Wheat in heat-stressed environments: irrigated, dry areas and rice-wheat farming systems*, p. 158-169. Mexico, D.F., CIMMYT. 402 pp.

Pratt C.J. 1965. Influence of soil pH on the relative availability of macronutrients and micronutrients in the soil. *Chem. Fert. Sci. Am*, 212: 62-72.

Rawson, H.M. & Subedi, K.D., eds. 1996. *Sterility in wheat in subtropical Asia: extent, causes and solutions.* ACIAR Proceedings No 73 (Workshop held at Lumle Agricultural Research Centre, Nepal, 18-21 September 1995.) Canberra, ACIAR. 155 pp.

Rawson, H.M., Zajac, M. & Penrose, L.D.J. 1998. Effect of seedling temperature and its duration on development of wheat genotypes differing in vernalization response. *Field Crops Res.*, 57: 289-300.

Russell, E.W. 1961. *Soil conditions and plant growth.* 9th. ed. Longmans. 688 pp.

Sayre, K.D. & Moreno Ramos, O.H. 1997. *Applications of raised-bed planting systems to wheat.* Wheat Special Report N° 31. Mexico, D.F., CIMMYT.

Sayre, K.D. 2000. Managing the wheat crop. *In Wheat Improvement and Production* (in press). Rome, Italy.

Slafer, G.A. & Rawson, H.M. 1995. Rates and cardinal temperatures for processes of development in wheat: effects of temperature and thermal amplitude. *Aus. J. Plant Physiol.*, 22: 913-926.

Stapper, M. & Fischer, R.A. 1990a. Genotype, sowing date and plant spacing influence on high-yielding irrigated wheat in southern New South Wales. I Phasic development, canopy growth and spike production. *Aust. J. Agric. Res.*, 41: 997-1019.

Stapper, M. & Fischer, R.A. 1990b. Genotype, sowing date and plant spacing influence on high-yielding irrigated wheat in southern New South Wales. II Growth, yield and nitrogen use. *Aust. J. Agric. Res.*, 41: 1021-1041.

Stapper, M. & Fischer, R.A. 1990c. Genotype, sowing date and plant spacing influence on high-yielding irrigated wheat in southern New South Wales. III Potential yields and optimum flowering dates. *Aust. J. Agric. Res.*, 41: 1043-1056.

Stapper, M. & Murray, D. 1986. *SIRAGCROP: field observations and crop standards for wheat.* SIRAGCROP Technical Report No. 1. Griffith, Australia, CSIRO and Department of Agriculture New South Wales.

Subedi, K.D., Floyd, C.N. & Budhathoki, C.B. 1998. Cold temperature induced sterility in spring wheat (*Triticum aestivum L.*) at high altitudes in Nepal: variation among cultivars in response to sowing dates. *Field Crops Res.*, 55: 141-151.

Wright, J.L. 1981. Crop coefficients for estimates of daily crop evapotranspiration. *In Irrigation scheduling for water and energy conservation in the 80s,* p.18-26. Proceedings of the American Society of Agricultural Engineers Irrigation Scheduling Conference, December 1981.

Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weeds Res.*, 14: 415.

Zilinsky, F.J. 1983. Common diseases of small grain cereals: a guide to identification. **p. 141**. Mexico, D.F.: CIMMYT

Notes

La intensificación sostenible del cultivo de trigo regado requiere un uso adecuado y equilibrado de los insumos. El objetivo de esta publicación de autoayuda es hacer un uso racional de los insumos identificando los aspectos del cultivo potencialmente problemáticos y proponiendo soluciones efectivas para superar los problemas.

ISBN 92-5-304488-8



TC/M/X8234S/1/11.01/1000